

# TÄYSTIILIRAKENTEISEN PIENTALON ENERGIATALOUS

Lauri Keränen  
2011  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TÄYSTIILIRAKENTEISEN PIENTALON ENERGIATALOUS

Lauri Keränen  
Opinnäytetyö  
10.10.2011  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Rakennustekniikan koulutusohjelma	Insinöörityo	30	+	42
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Talon- ja korjausrakentamisen sv	10.10.2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Talo Vimpari	Lauri Keränen			
Työn nimi				
Täystiilirakenteisen pientalon energiatalous				
Avainsanat				
Energiatalous, energiankulutus, tiilirakennukset				

Pientalon energiankulutus aiheuttaa rakennuksen käyttäjille vuositasolla suhteellisen suuren taloudellisen menoerän. Energiankulutusta pienentämään lähtiessä on tärkeä tiedostaa, mihin ja kuinka paljon energiaa rakennuksessa kuluu. Opinnäytetyön kohteena oli 1970-luvulla rakennettu täystiilirakenteinen öljylämmitteinen pientalo. Tavoitteena oli selvittää rakennuksen kokonaisenergiankulutus ja kartoittaa, miten käytettävä energia rakennuksessa jakautuu eri vaiipan ja talotekniikan osa-alueille.

Talon todellinen energiankulutus saatiin selville vuotuisista öljy-, sähkö- ja vesimaksuista. Teoreettinen energiakulutus laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan ja laskelmat tarkastettiin valmiilla käyttöön soveltuvalla ohjelmalla. Tuloksia verrattiin todelliseen energiankulutukseen. Taloon suoritettiin lisäksi lämpökuvaus, jolla kartoitettiin rakennuksen ulkovaipan kuntoa ja lämmöneristävyyttä. Saatujen tulosten pohjalta laskettiin, millä rakennuksen osa-alueilla energiatalouden parantaminen olisi tulevaisuudessa taloudellisesti kannattavaa. Lisäksi kartoitettiin mahdollinen aurinkoenergian hyödyntäminen kohteen lämmityksessä.

Opinnäytetyössä saatiin selville rakennuksen energiankulutuksen jakautuminen. Laskelmien perusteella todettiin, että tulevaisuudessa erityisesti yläpohjan lisäälämmöneristäminen kannattaa ottaa varsinkin saneerauksia suunnitellessa esille. Vanhojen 2-kerrosikkunoiden vaihtaminen nykyaikaisempiin ikkunoihin on asumismukavuuden kannalta arvioitaessa järkevää. Ulko-ovien uudelleen säätäminen ja tiivistäminen on korjauskohteena halpa investointi, jolla asumismukavuuden lisäksi parannetaan myös rakennuksen energiataloutta. Varaavan takan korjaamisella käyttökelpoiseksi voitaisiin säästää talviaikaan öljylämmityskustannuksissa.

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO .....	5
2 TALO VIMPARIN NYKYKUNTO .....	7
2.1 Toteutetut korjaukset.....	7
2.2 Kohteen energiankulutus.....	8
3 ASUINRAKENNUSTEN ENERGIAKULUTUS YLEISESTI .....	10
3.1 Lämmönkulutus.....	10
3.2 Vedenkulutus.....	11
3.3 Sähkönkulutus.....	12
4 TUTKITUN RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS.....	13
4.1 Rakennuksen todellinen energiankulutus.....	13
4.2 Rakennuksen energiankulutus RakMK D5 mukaan .....	16
4.3 Rakennuksen energiankulutus Energiajuniori-ohjelman mukaan .....	17
4.4 Rakennuksen laskennallisen ja todellisen energiankulutuksen erot.....	18
5 ENERGIAKORJAUSTEN ARVIOINTI.....	20
5.1 Kohteen energiakorjausten takaisinmaksuajat .....	21
5.2 Pienet energiakorjaukset.....	22
5.3 Aurinkoenergian hyödyntäminen .....	23
6 POHDINTA .....	26
LÄHTEET.....	28
LIITTEET .....	30

# 1 JOHDANTO

Energiantarpeen ja kasvihuonepäästöjen lisääntyminen ovat nopeuttaneet kasvihuoneilmiötä. Tämän seurauksena on ryhdytty toimenpiteisiin, joilla pyritään hidastamaan ja estämään ilmastonmuutosta. Suomi on ratifioinut Kioton ilmasopimuksen vuonna 2002. Suomen velvoitteena on sopimuksen mukaan pitää kasvihuonekaasujen päästöt vuosina 2008–2012 keskimäärin vuoden 1990 tasolla. Lisäksi EU on asettanut Suomelle kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteeksi 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. (1.)

Suomessa energian loppukäytöstä arvioidaan kuluneen vuonna 2009 rakennusten lämmitykseen 23 % (2). Rakennusten energian tarpeen pienentämisellä on siis olennainen osuus kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteessa. Uusien rakennusten osalta energiatalouteen voidaan vaikuttaa määräyksin. Vuoden 2010 rakentamismääräykset edellyttävät uusien asuinrakennusten lämmöneristävyydelle noin 30 % parannusta vielä vuonna 2009 voimassa olleisiin vähimmäisvaatimuksiin nähden. (3, 3.2.) Määräykset tulevat tiukkenemaan edelleen vuonna 2012 uusien määräyksien tullessa voimaan.

Yleinen keskustelu rakennusten energiatehokkuudesta on mediassa käynyt vilkkaana. Yksityiset kuluttajat ovat valveutuneet ja kiinnostuneet energiatehokkuuden parantamisesta myös jo olemassa olevissa rakennuksissa uudisrakennusten lisäksi. Materiaali- ja laite toimittajat pyrkivät luomaan omien tuotteidensa pohjalte ratkaisuja, joilla voidaan edistää rakennusten energiataloutta myös korjausrakentamisessa. Lisäksi energian hinnan nousu on saanut ihmiset arvioimaan energiankulutustaan ja pohtimaan mahdollisia säästöjä pidemmällä tähtäimellä omia käyttötottumuksiaan sekä rakenteita parantamalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on arvioida talo Vimparin, 4-henkisen perheen asuttaman pientalon energiatalous ja selvittää mahdolliset keinot energiatalouden parantamiseen. Kyseessä on 1970-luvulla rakennettu täystiilirakenteinen öljylämmitteinen pientalo. Opinnäytetyössä pyritään selvittämään, mikä on rakennuksen kokonaisenergiankulutus ja miten talon kuluttama energia jakautuu eri

osa-alueille. Tämän pohjalta haetaan taloudellisesti järkeviä ratkaisuja energiatalouden parantamiseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää myös mihin asioihin rakennuksen tulevaisuuden korjauksissa tulisi kiinnittää huomiota. Energiatalouden parantaminen on taloudellisesti huomattavasti järkevämpää muiden, esimerkiksi laajennusten yhteydessä kuin korjauksena pelkästään energiatalouden parantamista varten.

## **2 TALO VIMPARIN NYKYKUNTO**

Opinnäytetyössä tarkasteltava kohde on vuonna 1970 rakennettu pientalo. Nykyinen omistaja osti kiinteistön vuonna 2006. Talo sijaitsee Kempeleessä Koskelan kunnanosassa. Talo on Tiilikeskus Oy:n tyyppitalo ”Timo -67” pienin muutoksin. Talon on rakentanut aikanaan ammattimuurari omaan käyttöönsä. Vieraan työvoiman käyttö on rakentamisaikana minimoitu pois lukien sähkö- ja putkityöt. (Vimpari 2011.)

Talo on täystiilirakenteinen: sekä julkisivu että kantava runko on muurattu tiilestä. Myös kaikki väliseinät ovat tiilirakenteisia. Alapohjarakenteena on reunavahvistettu betonilaatta. Sokkeli on niin sanottu valesokkelirakenne, joten lattian pinta on vain hieman rakennusta ympäröivän maanpinnan yläpuolella. Yläpohja on puurakenteinen. (Danska 1967.) Katto on huopakatettu tasakattorakenne. Kaadot ovat ulospäin ja kattovedet on ohjattu ränneillä rakennuksen ulkopuolelle. Ilmanvaihto on hoidettu painovoimaisesti. Tilojen sekä käyttöveden lämmitys hoidetaan öljykattilalla lämmönjaon tapahtuessa patterein kiertovesijärjestelmällä. Kiinteistön laitteiden ja valaistuksen vaatima laitesähkö ostetaan sähköverkkoyhtiöltä.

### **2.1 Toteutetut korjaukset**

Kohteeseen on 1980-luvulla tehty pientä remonttia, jolloin vanhojen 2-kerrosikkunoiden tilalle on vaihdettu 3-kerrosikkunat (Vimpari 2011). Pesuhuoneen ja kodinhoituhuoneen osassa sekä WC-tilassa on edelleen vanhat 2-kerrosikkunat.

Kiinteistön omistuksen siirryttyä nykyiselle omistajalleen vuonna 2006 taloon tehtiin laaja saneeraus. Tarpeettomina pidetyt kylmiö ja pukuhuone purettiin keittiön laajennuksen tieltä. Varasto muutettiin kodinhoituhuoneeksi. Kokonaisen väliseinien lisäksi purettiin myös osa keittiön ja olohuoneen väliseinistä haluttujen tilaratkaisujen saavuttamiseksi. Vesi- ja patteriputkistot vedettiin uudel-

leen pintatöinä. Vanhan avotakan tilalle muurattiin varaava leivinuuni. Myös WC- ja pesuhuonetilat uusittiin saneerauksessa. Saunatilat säilyivät entisellään, sillä niihin on tehty pintaremontti 2000-luvun alussa. (Liite 1.) (Vimpari 2011.)

Autotallia ei ole käytetty auton säilytykseen useaan vuoteen. Suuret autotallin ovet on poistettu ja tilalle rakennettu seinä, jossa on ovi sisäänkäyntiä varten. Tila on toiminut muutaman vuoden kuvausstudiona, mutta on tällä hetkellä harrastetilana palvellen perheen soittoharrastusta. (Vimpari 2011.)

## **2.2 Kohteen energiankulutus**

Kohteen energiatalouden arvioinnin pohjana toimi rakennuksen todellinen energiankulutus. Nämä tiedot saatiin vuoden 2010 sähkö-, öljy- ja vesikulutustiedoista. Rakennuksen kokonaisenergiankulutus katetaan kahdella energialähteellä, öljyllä ja sähköllä. Rakennuksen tilat lämmitetään öljyllä, lämmönjakojärjestelmä on vesikiertoinen. Lisäksi öljyllä lämmitetään käyttövesi. Sähköverkosta tuleva sähkö kuluu sähkölaitteisiin ja valaistukseen. Energian kulutuksen jakautumista eri osa-alueille pyrittiin arvioimaan laskelmin ja tarkoitukseen soveltuvalla Energiajuniori-ohjelmalla. Lisäksi arvioiden pohjana käytettiin omien havaintojen lisäksi perheen asumistottumuksia, joita selvitettiin haastatteluin. Rakennukseen suoritettiin lämpökuvaus, jolla kartoitettiin mahdolliset kylmäsillat ja vuotokohdat rakennuksen ulkovaipassa. (Liite 2.)

Talossa on käytössä viisi vuotta vanha öljykattila Jäspi Eco 17 Lux. Laskuissa kyseessä olevan öljykattilan hyötysuhteelle käytettiin arvoa 0,85. Tavanomaisen öljykattilan hyötysuhde on noin 0,87 (4). Talon lämmönjakojärjestelmä on uusittu vuonna 2006, tällöin vesi- ja patteriputkistot vedettiin uudelleen pintatöinä (Vimpari 2011).

Pientalojen käyttämästä energiasta noin puolet kuluu tilojen lämmittämiseen (5). Käytännössä hukkaenergiaa on rakennuksen vaipan läpi kulkeva lämpö. Näin ollen rakennusten lisälämmöneristäminen on perusteltua erityisesti rakennuksissa, joissa lämmöneristävyys on pieni. Usein sysäyksen tällaiselle korjauksel-



le antaa jokin muu korjaustarve rakennuksessa. Esimerkiksi huonokuntoisen julkisivun saneerauksen suunnittelun yhteydessä nousee esille seinän lisälämmöneristäminen tai kattosaneerauksen yhteydessä yläpohjan lisälämmöneristäminen.

### 3 ASUINRAKENNUSTEN ENERGIAKULUTUS YLEISESTI

Tavanomaisen uuden pientalon käyttämästä energiasta noin puolet kuluu tilojen lämmittämiseen. Kiinteistösähkön osuus energiankulutuksesta on 20 - 30 %. Käyttöveden lämmitykseen kuluu energiaa 10 - 25 % ja ilmastovaihtoon osuus kokonaisenergian kulutuksesta on noin 5 - 15 %. (5.)

Energiankulutuksen erot eri rakennusten välillä ovat suuria. Energiankulutukseen vaikuttavat muun muassa rakenteiden eristävyys, vaipan ilmatiiviys, laitteiden ja taloteknisten järjestelmien toiminta ja kunto sekä ikkunoiden ja ovien määrä, rakenne ja kunto. Lisäksi muun muassa käyttötottumuksilla, rakennuksen kunnossapidolla ja ilmastoinnin asianmukaisella käytöllä voidaan saada merkittäviä säästöjä energiankulutuksesta.

#### 3.1 Lämmönkulutus

Lämmitysenergia on asuintalon suurin menoerä. Tilojen lämmittämiseen kuluva energia voidaan edelleen jakaa johtumishäviöiden, vuotoilman ja ilmanvaihdon kesken. (5.)

Rakennuksen johtumishäviöillä tarkoitetaan rakennuksen vaipan läpi siirtyvää lämpöenergiaa. Vaipan muodostavat ulkoseinät, ikkunat ja ovet mukaan lukien rakennuksen yläpohja sekä alapohja. Johtumishäviöiden suuruuteen voidaan vaikuttaa rakennuserätyksillä, lähinnä lämmöneristeiden määrällä ja laadulla, sekä ikkunoiden ja ovien valitsemisella lämmöneristyskyvyltään paremmin eristäviin vaihtoehtoihin.

Lämmön johtumisen kanssa yhtä oleellinen osa-alue on vuotoilma. Parempaan rakennuksen ilmatiivyyteen päästään huolellisella rakenteiden suunnittelulla ja toteutuksella. Vaippaan tulisi saada kauttaaltaan ilmatiivis kerros. Ongelmakohtina voidaan mainita vaipan epäjatkuvuuskohdat: nurkat, ylä- ja alapohjan liitokset seinärakenteeseen sekä ikkunoiden ja ovien liitokset seinärakenteeseen.

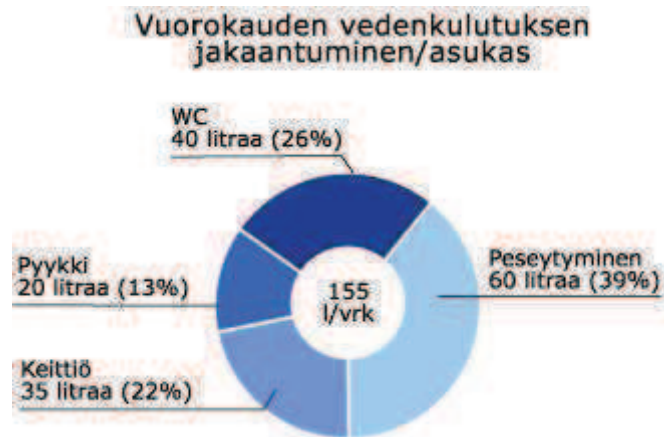
Ilmantiiviyden parantamiseen on varsin yksinkertaisia keinoja, kuten ovien säätäminen ja ikkunoiden sekä ovien uudelleen tiivistäminen. Jo tällaisilla keinoilla voidaan huomattavasti vaikuttaa asumismukavuuteen ja energiankulutukseen. Kohteen ilmatiiviyttä pyrittiin selvittämään lämpökuvaamalla rakennus sisäpuolelta.

Tutkittavassa rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Tämä perustuu lämpötilan ja tuulen aiheuttamiin paine-eroihin sisä- ja ulkoilman välillä. Näin ollen painovoimaisen ilmanvaihdon ilmavirrat vaihtelevat kovasti sääolosuhteiden vaihdellessa: kylmällä säällä ilmanvaihto on suurimmillaan ja lämpimällä säällä olematon. (6.) Kohteessa on liesituuletin, jolla ilmanvaihtumista voidaan tehostaa.

Lämpöenergian kulutukseen voidaan vaikuttaa merkittävästi arkipäiväisillä toimenpiteillä ja asumistottumuksia tarkkailemalla. Esimerkiksi oikeaa huonelämpötilaa ylläpitämällä ja lämmityslaitteiden säännöllisellä huollolla voidaan asumismukavuuden parantamisen lisäksi tehdä myös selvää säästöä vuosittaisella tasolla. (7.)

### **3.2 Vedenkulutus**

Suomalaisten tyypillinen vedenkulutus on 90 – 270 l vuorokaudessa asukasta kohti. Keskimäärin jokainen suomalainen käyttää vettä 155 l vuorokaudessa. Lämmintä vettä käytetään keskimäärin 40 - 50 l vuorokaudessa henkilöä kohden. Tavoitetasona vedenkulutukselle pidetään 130 l vuorokaudessa asukasta kohti. Lämpimän käyttöveden osuus asuinrakennuksen energiankulutuksesta on noin viidennes. (Kuva 1.) (8.)



*KUVA 1. Vuorokauden vedenkulutuksen jakaantuminen/asukas (8)*

Omia käyttötottumuksia muuttamalla voi säästää huomattavasti vedenkulutuksessa. Viiden minuutin suihkussa vettä kuluu keskimäärin 60 l. Vesikalusteiden ominaisuudet ja kunto vaikuttavat myös oleellisesti vedenkulutukseen. Vesikalusteita uusittaessa kannattaa kiinnittää huomiota kalusteiden taloudellisuuteen. (9.)

### 3.3 Sähkönkulutus

Kodin energiankulutuksesta yleisesti noin kolmannes kuluu sähkölaitteisiin ja valaistukseen. Kotitaloussähkön käyttö omakotitaloissa riippuu kuitenkin oleellisesti kotitalouden koosta ja käyttötottumuksista. Kulutukseltaan kolme suurinta kotitalouksien laiteryhmää ovat valaistus, kylmälaitteet ja kodin elektroniikka. (10.)

Käyttötottumuksilla on suuri merkitys kodin sähkönkulutuksessa. Tarpeettomista sähkölaitteista kannattaa katkaista aina virta. Valmiustila kuluttaa sähköä, vaikka laitetta ei käytetä. Erityisesti kylmälaitteiden käyttöön ja taloudellisuuteen kannattaa kiinnittää huomiota, sillä niiden sähkönkulutuksessa voi säästää suhteessa enemmän kuin minkään muun kotitalouslaitteen kohdalla. (11.)

## 4 TUTKITUN RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS

Opinnäytetyössä pyrittiin arvioimaan talo Vimparin energiankulutuksen jakautumista laskemalla rakennuksen teoreettinen energiankulutus (liite 3). Tähän tarvittiin rakennuksen pinta-ala, tilavuus, rakenteiden u-arvot, ikkunoiden ja ovi-  
en pinta-ala sekä lämmitysjärjestelmän hyötysuhde. Lisäksi arvioitiin rakennuksen ilmanvuotoluku ja ilmastoinnin kautta kuluva energia.

Teoreettinen energiankulutus laskettiin rakennusmääräyskokoelman D5 (11) uusimman version mukaan. Lisäksi energiankulutus laskettiin käyttäen Oulun kaupungin energiakortteihin käyttämää ohjelmaa Energiajuniori. (Liite 4.) Ohjelmasta käytetty versio on 5.0 (vuodelta 2007), joka ei kuitenkaan eroa juuri-  
kaan uusimmasta versiosta. Energiajuniori perustuu pääosin RakMK:n osaan D5 vuodelta 2007, joten sen käyttö oli perusteltua lähinnä tehtyjen laskelmien tarkistamiseen.

Käsin laskennan tuloksia ja todellisen energiankulutuksen arvoja vertaamalla voidaan jakaa rakennuksen energiakulutus eri osa-alueille. Näin voidaan arvioida eri parannustoimenpiteiden järkevyyttä rakennuksessa taloudelliselta sekä asumismukavuuden kannalta.

### 4.1 Rakennuksen todellinen energiankulutus

Todellisen energiankulutuksen tiedot perustuvat öljy-, sähkö- sekä vesimaksuihin vuodelta 2010. Laskujen perusteena on tarkka energiankulutus rakennuksessa. Öljystä saatava energia kuluu rakennuksessa tilojen sekä käyttöveden lämmitykseen. Öljystä saatavassa energiassa on otettu huomioon 5 vuotta vanhan öljykattilan arvioitu hyötysuhde 0,85. Tämä tarkoittaa, että kulutettavasta öljystä saadaan energiaksi 85 %. Arvio on realistinen ottaen huomioon kattilan vähäinen käyttöikä sekä asianmukainen huolto. Uusien öljykattiloiden hyötysuhde voi olla jopa 93 %. RakMK D5:n mukaan kohteessa olevalle kattilalle

voitaisiin käyttää arvoa 0,87. Kevyestä polttoöljystä saadaan energiaa 10,02 kWh/litra (4). Laskuissa on käytetty arvoa 10,0 kWh/litra.

Öljystä saatava energia talo Vimparissa lasketaan kaavalla 1.

$$0,85 \cdot 3000 \text{ l} \cdot 10 \text{ kWh/l} = 25500 \text{ kWh}$$

KAAVA 1

0,85 on kattilan hyötysuhde

3000 l on vuotuinen (2010) öljynkulutus

10 kWh/l on kevyen polttoöljyn lämpöarvo/litra

Käyttövesi lämmitetään rakennuksessa myös öljyllä. Vuonna 2010 tutkittavan rakennuksen vedenkulutus oli vesilaskujen mukaan noin 130 m<sup>3</sup>. Lämpimän veden osuus tästä on noin 40 % (8). Talo Vimparissa (4 henkilöä) kului vettä asukasta kohden vuorokaudessa 90 l. Kulutusta voidaan pitää alhaisena, sillä keskimäärin suomessa käytetään vettä asukasta kohden 155 l/vrk tavoitetason ollessa 130 l/vrk.

Lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluva energia lasketaan kaavalla 2.

$$(1/0,85) \cdot 58 \text{ kWh/m}^3 \cdot 0,4 \cdot 130 \text{ m}^3 = 3548 \text{ kWh}$$

KAAVA 2

(1/0,85) on kattilan hyötysuhteen huomioon ottava kerroin

58 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 °C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m<sup>3</sup>

0,4\*130 on tarvittava vuotuinen (2010) lämmin vesi m<sup>3</sup>

Sähköä rakennuksessa käytettiin vuonna 2010 noin 7,2 kWh (sähkölasku). Sähköä kuluu muun muassa valaistukseen, kylmälaitteisiin sekä kodin elektroniikkaan. Sähkönkulutuksen jakautumista eri osa-alueille voidaan arvioida muun muassa taulukon 1 avulla.

TAULUKKO 1. Omakotitalon 120 m<sup>2</sup>, 4 henkilöä, sähkönkulutus (Adato. 2006)

	Kulutus/v	
Kylmälaitteet	600	kWh
Kiuas	1000	kWh
Ruuanvalmistus	420	kWh
Viihde	750	kWh
Pyykinpesu- ja kuivaus	590	kWh
Astianpesu	240	kWh
Auton lämmitys	250	kWh
Valaistus ja muu kulutus	1650	kWh
LVI-laitteet	1500	kWh
Yhteensä vuodessa	7000	kWh

Taulukossa 1 esitetyt kulutusjakaumat perustuvat kotitalouksien sähkönkäyttötutkimukseen (Adato 2006) ja ovat suuntaa-antavia. Tutkittavassa kohteessa on lisäksi puukiuas, joten kokonaissähkönkulutuksen voidaan katsoa olevan rakennuksessa hieman keskimääräistä suurempi. (Taulukko 2.) Lisäksi rakennuksen ilmanvaihto on painovoimainen, joten LVI-laitteiden kulutus kohteessa on taulukossa mainittua pienempi. Tämä edelleen vahvistaa arviota siitä, että sähkönkulutus on kohteessa keskimääräistä suurempi.

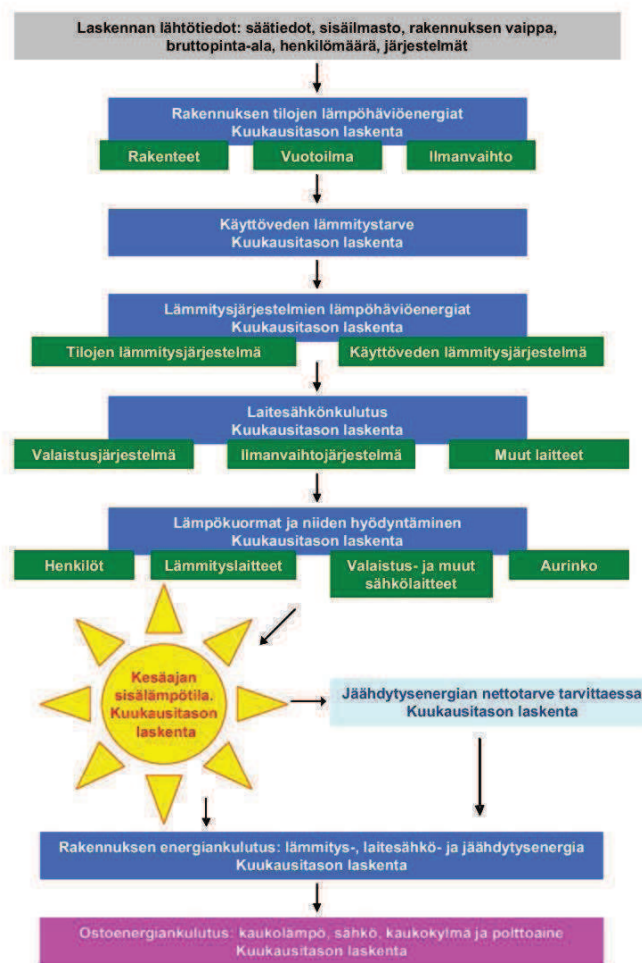
TAULUKKO 2. Energiankulutuksen jakautuminen talo Vimparissa

	kWh	%
Tilojen lämmitys	22000	67
Käyttöveden lämmitys	3500	11
Laitesähkö	7200	22
<b>yhteensä</b>	<b>32700</b>	<b>kWh/a</b>

Tilojen lämmitykseen kuluva energia voidaan edelleen jakaa rakennuksen johtumishäviöihin, ilmanvaihdon ja vuotoilman kesken. Näiden keskinäisiä suhteita on pyritty määrittämään myöhemmin esitettävillä laskelmilla.

## 4.2 Rakennuksen energiankulutus RakMK D5 mukaan

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D5 sisältää ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaan. Ohjeissa esitettyä laskentamenetelmää voidaan käyttää rakennuksen energiankulutuksen, ostoenergiankulutuksen, lämmitystehon ja kesäaikaisen sisälämpötilan arviointiin. Laskennassa edettiin kuvan 2 mukaisesti.



KUVA 2. Rakennuksen energiaselvityksen eteneminen (12)



Rakennuksen tilojen lämpöhäviöenergiat laskettiin kuukausitasolla, josta yhteen laskemalla saatiin vuotuiset lämpöhäviöenergiat. Käyttöveden lämmitystarve laskettiin todellisen kulutuksen perusteella. Lämmitysjärjestelmien (tilat, käyttövesi) lämpöhäviöenergioita ei lähdetty erittelemään, sillä niiden merkitys kokonaisenergiankulutuksen kannalta on hyvin pieni. Laitesähkökulutus tiedetään vuositasetasolla ja sen jakautumista voidaan arvioida taulukoiden avulla esimerkiksi aiemmin mainittu Adaton taulukko. Lämpökuormia arvioitiin taulukon avulla. (12, s. 42.) Taulukon käyttö oli perusteltua, sillä tutkitun kohteen vuosittainen todellinen sähkönkulutus rakennusneliötä kohti vastaa RakMK:n arviota. Jäähdytysenergian tarvetta ei otettu huomioon, sillä kohteessa ei koneellista jäähdytystä ole.

Laskelmien lopputuloksena saatiin rakennuksen teoreettinen energiankulutus ja ostoenergian tarve RakMK:n osan D5 mukaan. Tuloksia verrattiin rakennuksen todelliseen energiankulutukseen.

#### **4.3 Rakennuksen energiankulutus Energiajuniori-ohjelman mukaan**

Energiajuniorilla laskettiin energiankulutus varsinaiselle asuinrakennukselle. Näitä tuloksia verrattiin RakMK D5 perusteella varsinaiseen asuinrakennukseen tehtyihin laskuihin. Tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan. Tuloksia verrattiin edelleen rakennuksen todelliseen energiankulutukseen, jolloin havaittiin huomattavampia eroja todellisen lämpöenergian kulutuksen ollessa laskennallista kulutusta huomattavasti pienempi. (Taulukko 3.) Pannuhuoneen lämpöenergiankulutus jätettiin laskuista pois, sillä kooltaan pieni pannuhuone lämmitetään käytännössä lämmityskattilasta vapautuvalla hukkaenergialla.

TAULUKKO 3. Lämmitysenergiankulutuksen jakauma kWh/vuosi

	Energiajuniori 5.0	RakMK D5	TODELLINEN KULUTUS
Vaipan johtumishäviöt yht.	26666	26837	
<i>Alapohja</i>	5681	4903	
<i>Ulkoseinä</i>	6675	6796	
<i>Yläpohja</i>	6231	6617	
<i>ikkunat</i>	6760	7133	
<i>Ulko-ovet</i>	1319	1388	
Vuotoilmanvaihto	1833	1946	
Ilmanvaihto	7637	6046	
Lämmin käyttövesi	2660	2975	
Sisäisistä lämpökuormista hyö- dyksi saatava lämpöenergia	-6593	-6435	
sisäiset lämpökuormat yht.	7757	7571	
<b>Lämpöenergia brutto, kWh</b>	<b>32203</b>	<b>31369</b>	<b>25500</b>
<b>Ostettava lämpöenergia, kWh</b>	<b>37886</b>	<b>36904</b>	<b>30000</b>

#### 4.4 Rakennuksen laskennallisen ja todellisen energiankulutuksen erot

Todellisen energiankulutuksen ja laskennallisen energiankulutuksen (RakMK D5) ero on verrattain suuri. Todellinen koko rakennuksen vaatima öljystä saatava lämmitysenergian tarve on vuositasolla 25500 kWh, kun laskennallinen lämmitysenergian tarve on 31369 kWh (taulukko 3). Näin ollen todellinen rakennuksen lämmitysenergian tarve on 81 % laskennallisesta lämmitysenergian tarpeesta. Rakennus siis kuluttaa todellisuudessa vähemmän energiaa, kuin teoreettisten laskujen mukaan. Syitä tähän eroon voidaan arvioida.

Rakennuksessa on varaava takka ja puukiuas. Kun näistä saatavat lämpökuormat otetaan huomioon, ovat laskennallinen (26513 kWh) ja todellinen energiankulutus (25500 kWh) vuositasolla hyvin lähellä toisiaan. Kuitenkin kiuasta lämmitetään myös kesäaikaan, jolloin tarve lisälämmölle on pieni tai olematon. Kiukaasta saatavan lämpöenergian hyöty rakennuksen lämmityksessä on minimaalinen, sillä kiukaan lämmitys ei vähennä juurikaan öljyllä tuotettavan lämmön tarvetta talviaikanakaan. Varaavan takan käytöllä saavutettavaa hyötyä on sen sijaan helpompi arvioida käyttötarkoituksen ollessa erilainen ja käytön painottuessa talviaikaan, jolloin lisälämmölle on tarvetta.

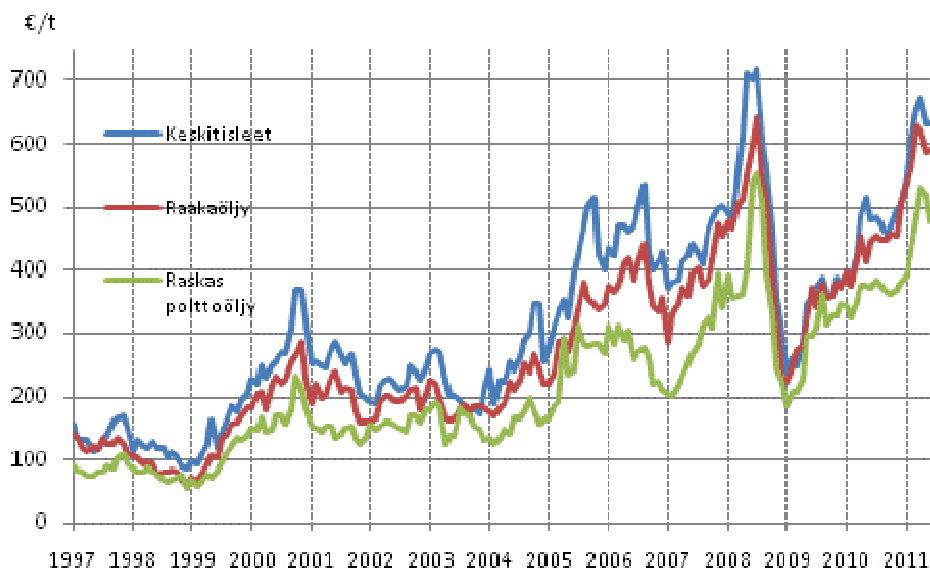
Lämmöneristeiden u-arvoa määrittäessä on materiaaleille käytetty suhteellisen pieniä  $\lambda$ -arvoja (RakMK C4, Lämmöneristys). Materiaalien ollessa täysin kuivia niiden  $\lambda$ -arvo (lämmöneristyskyky) kasvaa ja näin ollen rakennuksen lämmitysenergian tarve pienenee. Tämä tilanne on realistinen huomioon ottaen rakennuksen ikä ja rakenteiden yleinen hyvä kunto.

Täystiilirakenne voidaan lukea betonirakenteiden ohella massiivirakenteeksi. Massiivirakenteilla on saatu lähteestä ja tutkimuksesta riippuen 3-5 – 14-15 % säästöjä lämmitysenergian tarpeessa verrattuna kevyisiin rakenteisiin. (13; 14.) Tämän voidaan katsoa johtuvan raskaan materiaalin kyvystä toimia energiavarastona. Raskas materiaali kykenee hyödyntämään vapaita lämpökuormia, kuten auringon säteilyä sekä ihmisistä, valaistuksesta ja kodinkoneista vapautuvaa lämpöä varastoimalla niiden energian ja luovuttaa sitä myöhemmin sisätiloihin. Kivirakenteet vähentävät myös sisälämpötilan vaihtelua ja kesän huippulämpötiloja lisäten näin myös asumismukavuutta.

## 5 ENERGIAKORJAUSTEN ARVIOINTI

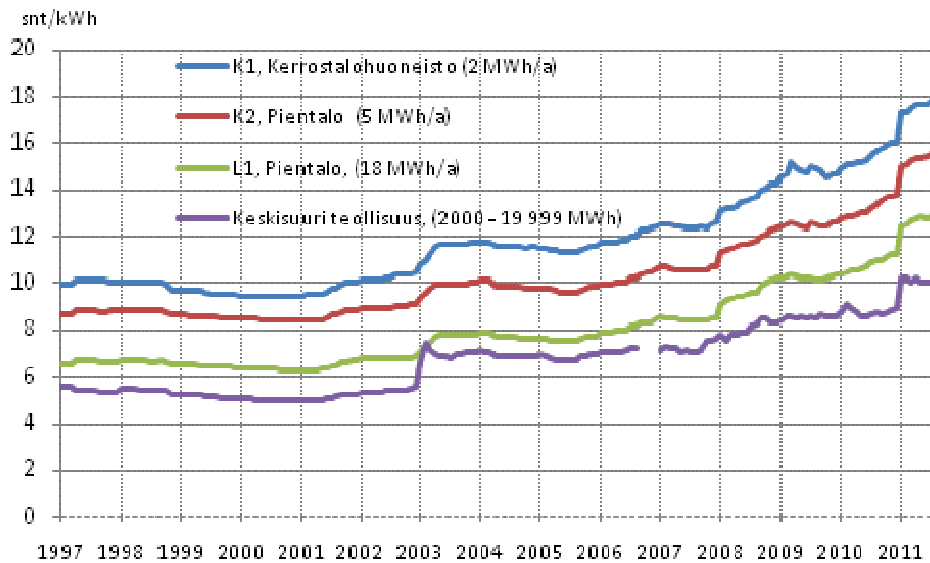
Energiankulutuksen pienentämiseen on useita erilaisia keinoja. Taloudellisesti halvin keino on käyttötottumusten tarkastaminen ja ongelmakohtiin puuttuminen käyttötottumuksia muuttamalla. Energioiden hinnannousut lisäävät paineita energiataloudellisiin korjauksiin myös rakenteellisella puolella. Korjaukset voivat kohdistua talotekniikkaan, lämmityslaitteisiin, ikkunoihin sekä oviin ja ulkovaipaan. Rakennuksen energiataloutta on yleensä viisasta parantaa vain muun remontin yhteydessä. Pelkkä energiaremontti on taloudellisesti kannattava vain poikkeustapauksessa ja alle kymmenen vuoden takaisinmaksuajalla (15). Takaisinmaksuajalla tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu siihen, että energiakorjaukseen kulunut raha on maksettu takaisin säästettyinä energiakustannuksina.

Takaisinmaksuajan perusteena toimivat vanhan ja uuden rakenteen u-arvojen (eristävyyden) ero sekä remontin kustannukset. Tutkitun kohteen osalta tutkittiin energiataloudellisia korjauksia ulkoseinälle sekä yläpohjalle. Takaisinmaksuaikaa arvioitaessa on olennaista tiedostaa energian hintakehitys. Kevyen polttoöljyn hintaa on vaikea ennustaa, sillä maailmanmarkkinatilanne voi aiheuttaa siihen suuriakin vaihteluita (kuva 3).



KUVA 3. Öljyn tuontihinnat (16)

Sähkön hinnan vaihtelut sen sijaan ovat huomattavasti tasaisempia (kuva 4).



KUVA 4. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (17)

## 5.1 Kohteen energiakorjausten takaisinmaksuajat

Kohteen seinän ulkovuoraus on muurattu tiilestä. Tiilivuoraus on hyväkuntoinen: ei halkeamia eikä ulkonäköä haittaavia tekijöitä. Jo arvioita mahdollisesta energiasaneerauksesta tehtäessä oli tiedossa, että takaisinmaksuaikojen perusteella remontti ulkoseinälle ei tule kysymykseen. Taloudellisten arvioita eri saneerauksista tehtäessä käytettiin apuna ”Korjausrakentamisen kustannuksia 2010” (KOR) ja ”Rakennusosien kustannuksia 2010” (ROK) –kirjoja. Arvioidut hinnat ovat suuntaa antavia, esimerkiksi oman työn osuus on arvioitu varsin pieneksi. Oman työn osuus pienentää kustannuksia ja näin ollen takaisinmaksuaikaa.

Kohteen ulkoseinän energiakorjaukselle laskettiin takaisinmaksuajat kolmelle eri korjausvaihtoehdolle. Mahdollisia korjausvaihtoehtoja ulkopuoliselle lisälämmöneristykselle tarkasteltiin kaksi. Toisessa lisälämmöneristys tehdään suoraan nykyisen julkisivun päälle, kun taas toisessa vaihtoehdossa vanha julkisivumuuraus ja lämmöneristeet puretaan ja tilalle toteutetaan uusi paksumpi lämmöneristekerros, joka pinnoitetaan rappaamalla. (Liite 5.) Arvion mukaan takaisinmaksuaika halvimmalle korjausvaihtoehdolle (lisälämmöneristys suoraan

nykyisen julkisivun päälle) on yli 40 vuotta, kun energiahintana käytetään tämän hetkistä energian hintaa. Näin ollen ulkoseinän lisäeristäminen ulkopuolelta tulee kysymykseen vain, mikäli julkisivu joudutaan uusimaan jonkun pakottavan muun syyn takia.

Ulkoseinä voidaan lisäeristää myös sisäpuolelta, myös tälle vaihtoehdolle tehtiin kustannustarkastelu. Sisäpuolista lisäeristystä suunnitellessa tulee tarkkaan tutkia uuden rakenteen kosteustekninen toimiminen. Sisäpuolelta lisäeristettäessä vanha rakenne tulee kauttaaltaan kylmemmäksi ja kosteus voi alkaa tiivistyä rakenteen kannalta epäedulliseen kohtaan. Tämä voi aiheuttaa sen, että rakenne on ympärivuoden kostea ja tämän takia seinän eristävyys heikkenee. Lisäksi voi aiheutua sisäilma- ja homeongelmia. Tutkitun kohteen sisäverhoilut on uusittu vasta kauttaaltaan mukaan lukien lämmityspotket vedetty sisällä uudelleen pintatöinä. Näin ollen lisäeristäminen sisäpuolelta ei tule lähiaikoina kysymykseen. Sisäpuolen lisälämmöneristämisen kustannuksia on vaikea arvioida, sillä työssä on niin monta muuttuvaa tekijää, jotka saattavat aiheuttaa mittavia lisätoita.

Kohteessa takaisinmaksuajaltaan järkevimmäksi energiakorjauksen kohteeksi tulee yläpohjan lisälämmöneristäminen. (Liite 6.) Takaisinmaksuajaksi saadaan laskelmassa 17 vuotta. Mikäli yläpohjaa aletaan laajemmalti uusida esimerkiksi kattoremontin yhteydessä, voidaan eristepaksuutta edelleen lisätä laskelmissa käytetystä, mikä taas vähentää takaisinmaksuaikaa.

## **5.2 Pienet energiakorjaukset**

Kohteen energiataloutta voidaan parantaa myös pienemmillä korjauksilla. Lämpökuvausraportti paljastaa kohteen ongelmakohtaksi muun muassa ovien tiivistämisen. Ovilehden ja karmin liitos vuotaa pahasti lähes kaikkien ovien kohdalla. On suositeltavaa säätää ja tiivistää ovet uudelleen. Lisäksi rakennuksessa on vielä muutamissa paikoissa edelleen vanhat 2-kerrosikkunat, joiden pintalämpötilat ovat selkeästi alhaisemmat verrattuna muualla oleviin nykyaikaisempiin 3-kerrosikkunoihin. Lisäksi ikkunoiden ja runkorakenteen liitokset vuotivat selke-

ästi 2-kerrosikkunoiden kohdalla. Vanhojen ikkunoiden vaihto uusiin tai uudelleen tiivistäminen on harkittavissa. Näiden mainituiden toimenpiteiden vaikutus tulee välittömästi konkreettisesti esille asumismukavuudessa vedon tunteen vähentyessä.

### **5.3 Aurinkoenergian hyödyntäminen**

Tilaajan toivomuksesta tarkasteltiin kohteessa mahdollisuutta hyödyntää aurinkoenergia nykyistä tehokkaammin. Aurinkoenergian avulla saataisiin laskettua öljylämmityksen tarvetta. Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää sekä passiivisesti että aktiivisesti. Passiivisella hyödyntämisellä tarkoitetaan aurinkoenergian hyödyntämistä ilman lisälaitteita. Passiiviseen hyödyntämiseen voidaan vaikuttaa rakennusvaiheessa esimerkiksi ikkunoiden suuntauksella ja niiden koolla sekä rakennuksen sijoittamisella tuulelta suojaisaan paikkaan. Lisäksi suurella rakennusmassalla (esimerkiksi täystiilitalo) voidaan varastoida auringon säteilemää lämpöenergiaa rakenteisiin. (18.)

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää aktiivisesti lisälaitteiden avulla. Aurinkoenergiaa voidaan muuttaa sähköksi aurinkopaneelien avulla ja lämmöksi aurinkokeräinten avulla. (18.) Kohteessa aurinkoenergian hyödyntämisestä arvioitiin lämmönlähteenä nykyisen lämmitysjärjestelmän rinnalla. Tässä tapauksessa energiaa voitaisiin hyödyntää sekä tilojen- että käyttöveden lämmityksessä.

Aurinkokeräimet voidaan liittää vanhaan kattilaan asentamalla erillinen varaaja aurinkolämmön tarpeisiin. Varaaja kytketään rinnan kattilan kanssa. Varaajan koko määräytyy keräinalan mukaan ja on yleensä noin 400 - 700 l. Mikäli öljykattila päätetään vaihtaa uuteen, voidaan tavanomaisen kattilan sijasta käyttää kattilavaraajaa. Tavanomaiseen öljykattilaan verrattuna sen vesitila on suurempi ja siinä on valmiiksi asennettu lämmönsiirrin aurinkokeräinten kytkentää varten. Tällöin voidaan 2 - 3 keräintä kytkeä suoraan kattilaan ja saada aurinkoenergialla katettua pääosa tavanomaisesta kesäajan käyttöveden tarpeesta. Öljypoltin käynnistyy automaattisesti, kun aurinkoenergia ei riitä. (18.)

Aurinkoenergian soveltuvuutta tutkittavaan kohteeseen voidaan tarkastella seuraavasti: Käyttöveden kulutuksen aiheuttamat kulut ovat asuvalla perheelle jopa selvästi tavoitetasoa pienemmät. Käyttöveden lämmitykseen perheellä kuluu vuodessa 1 euron öljyhinnalla noin 350 €. Näin ollen aurinkoenergialla käyttöveden lämmityksestä saatava hyöty jäisi vuositasolla todennäköisesti hyvin pieneksi.

Aurinkoenergian voidaan hyödyntää Suomessa noin 8 kuukautta vuodessa eli maaliskuusta lokakuuhun. Samaan aikaan suurin rakennuksen lämmöntarve osuu ajanjaksolle joulukuusta helmikuuhun. Lisäksi suurin hyöty aurinkoenergiasta lämmitysjärjestelmästä saadaan, kun rakennuksessa on vesikiertoinen lattialämmitys. Tällöin laattaa voidaan lämmittää, kun aurinkoenergiaa on saatavilla ja laatta luovuttaa lämpöä rakennukseen viileämpään yöaikaan. Kohteessa on patterilämmitys, joten rakennuksen lämmittäminen aurinkoenergialla onnistuisi tehokkaimmin päiväsaikaan.

Aurinkolämmityksen hankkiminen öljylämmityksen rinnalle lisää uuden järjestelmän kustannuksia tyypillisesti noin 5 000 €. Uudessa rakennuksessa aurinkoenergialla voidaan korvata noin 15 - 30 % vuotuisesta lämpöenergiankulutuksesta. Vanhoissa rakennuksissa lämmöntarve on suurempi, joten aurinkoenergialla voidaan korvata suhteessa pienempi osuus kokonaisenergiantarpeesta. Mikäli tutkittavan rakennuksen lämmöntarpeesta voitaisiin korvata nykyisestä energiankulutuksesta 10 %, olisi säästö vuodessa nykyisellä öljyhinnalla vuositasolla noin 300 €. Laitteiston maksaessa 5 000 € on takaisinmaksuaika investoinnille noin 17 vuotta. Öljyn hinnannousua ei ole otettu huomioon eikä toisaalta myöskään laitteiston huoltokustannuksia.

Vaikka aurinkoenergian hyödyntämistä on kehitetty ja tutkittu paljon, on riippumattomia tutkimuksia kohteen ikäisille rakennuksille saatavissa olematon määrä. Olemassa olevat tutkimukset koskevat lähinnä matalaenergia ja passiivitaloja, joissa on rakenteiden ja ilmanvaihdon puolesta ja valmiiksi vähäinen lämmitysenergiantarve. Tällöin aurinkoenergialla saadaan katettua suhteessa suuri osuus kokonaisenergiantarpeesta. Aurinkoenergiasta saadaan myös suurin



mahdollinen hyöty käyttöön, kun lämmitysmuoto on tiedossa jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyössä perehdyttiin täystiilirakenteisen pientalon energiankulutukseen. Työn tavoitteena oli kartoittaa tutkittavana olleen kohteen energiankulutus ja saada selville ne vaipan ja talotekniikan osa-alueet, joilla energiatalouden parantaminen on tulevaisuudessa taloudellisesti kannattavaa. Rakennuksen energiatalouden tarkastelu on järkevää juuri tässä vaiheessa, kun tulevia korjauksia aletaan vasta suunnitella. Työn onnistumisen kannalta oli ensisijaisen tärkeää selvittää, miten rakennuksen energiankulutus jakautuu eri osa-alueille. Tässä onnistuttiin hyvin. Erot todellisen ja teoreettisen energiankulutuksen välillä pienenivät laskujen edetessä ja tarkentuessa lähes olemattomiin. Näin saatiin todennettua, että teoreettisten laskujen pohjalta voidaan luotettavasti arvioida tulevien korjaustoimenpiteiden kannattavuutta.

Erilaisia toimenpiteitä energiansäästämiseen tutkittiin tarvittavilta osin. Mahdollisille rakennuksen vaipan lisäeristyksille laskettiin kustannusarviot, sekä aurinkoenergian hyödyntämistä energianlähteenä arvioitiin. Rakennuksen nykykuntoa ja perheen asumistottumuksia tarkasteltiin tarvittavilta osin. Tulosten avulla voidaan selkeästi löytää ne osa-alueet, joihin kannattaa mahdollisesti edessä olevassa laajennuksessa ja saneerauksessa keskittyä.

Työn edetessä oli kiinnostava huomata, kuinka lähellä toisiaan rakennuksen todellinen ja teoreettinen energiankulutus ovat. Lisäksi Energiajuniori-ohjelma auttoi laskujen tarkastamisessa, vaikka pieniä eroja oli havaittavissa laskentatavoista johtuen. Kuitenkin nämä erot olivat niin pieniä, ettei niillä ole mitään käytännön merkitystä. Työtä tehdessä pääsi syventymään rakennuksen energiatalouteen hyvin pieniä osa-alueita myöten ja lisätietoa oli hyvin saatavilla.

Aurinkoenergian hyödyntämistä tutkiessani huomasin, että saatavilla on varsin vähän tietoa korjausrakentamista koskien. Lähes kaikki saatavilla oleva informaatio oli laitevalmistajien tuottamaa. Puolueettomia tutkimustuloksia laitteiden hyödyistä vanhemmissa rakennuksissa ei käytännössä ole. Yksittäisen rakennusalan ulkopuolelta tulevan kuluttajan kannalta tämä on ikävä asia, sillä laite-

valmistajien lupaamien säästöjen kriittiseen tarkasteluun ennen ostopäätöstä ei ole saatavilla selkeää tietoa tai työkaluja.

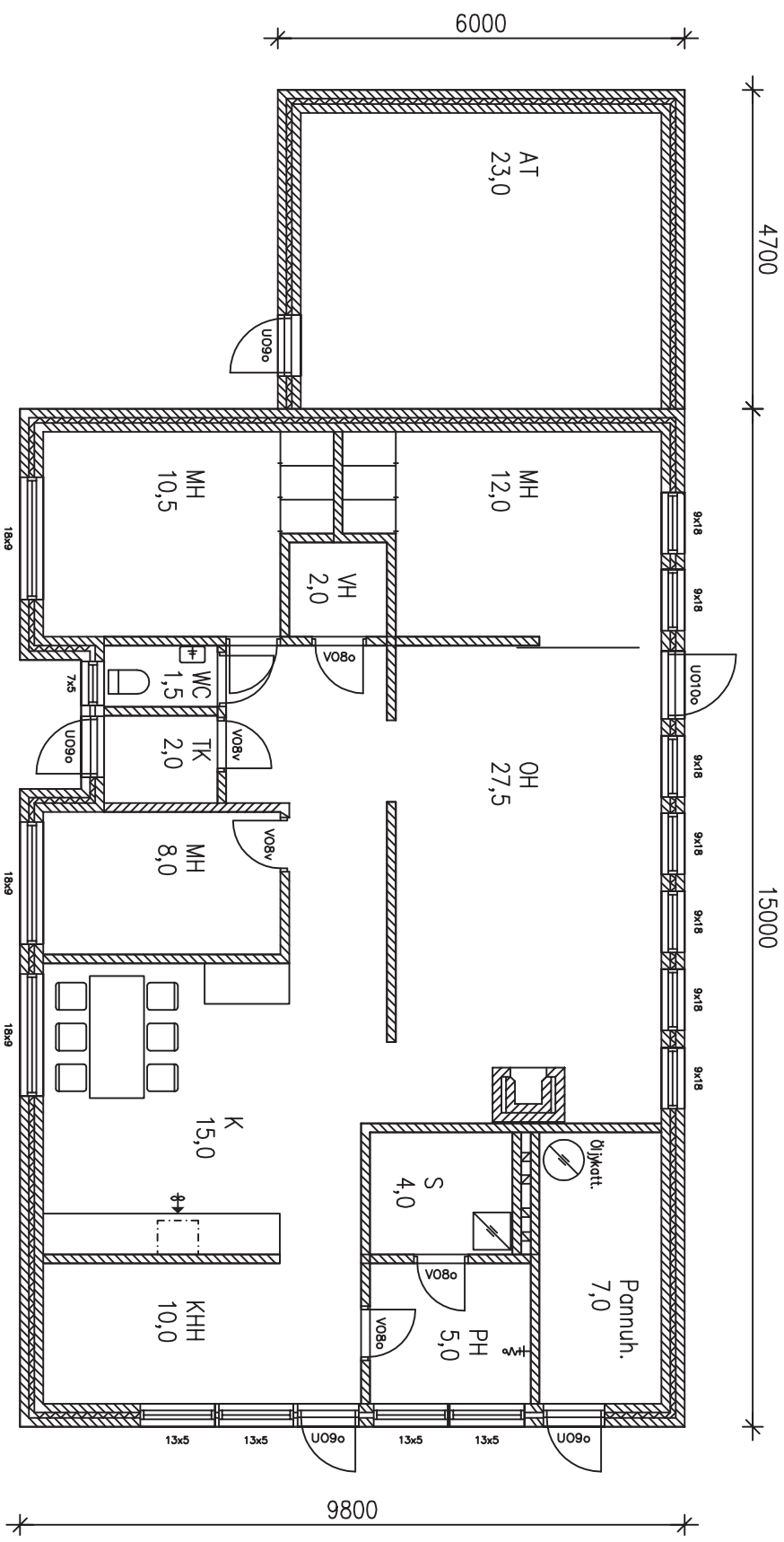
## LÄHTEET

1. Suomen ilmastopolitiikka. 2010. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=568&lan=fi>. Hakupäivä 30.12.2010.
2. Energian loppukäyttö Suomessa. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/taustatietoa/energian kaytto\\_suomessa/energian\\_loppukaytto](http://www.motiva.fi/taustatietoa/energian kaytto_suomessa/energian_loppukaytto). Hakupäivä 30.12.2010.
3. Suomen Rakennusmääräyskokoelma C3. 2007. Rakennuksen lämmöneristys. Helsinki: Ympäristöministeriö.
4. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energian hinnat. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden\\_lampoarvot\\_hyotysuhteet\\_ja\\_hiilidioksidin\\_ominaispaastokertoimet\\_seka\\_energianhinnat\\_19042010.pdf](http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf). Hakupäivä 11.1.2011.
5. Lämmönkulutus. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/lammonkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/lammonkulutus). Hakupäivä 13.1.2011.
6. Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto. 2002. Hengitysliitto Heli ry. Saatavissa: <http://www.sisailma.info/tiedostot/Oppaat/Ilmanvaihto%202002.pdf>. Hakupäivä 27.1.2011.
7. Säästä lämmitysenergiaa, lisää asumisen viihtyisyyttä. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/nain\\_saastat\\_energiaa/lampo](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/lampo). Hakupäivä 1.2.2011.
8. Vedenkulutus. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/vedenkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus). Hakupäivä 3.2.2011.
9. Huomio henkilökohtaiseen vedenkulutukseen. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/nain\\_saastat\\_energiaa/vesi](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/vesi). Hakupäivä 3.2.2011.
10. Sähkönkulutus. 2011. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/sahkonkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/sahkonkulutus). Hakupäivä 22.11.2011.
11. Yksinkertaista sähkönsäästöä. 2010. Motiva Oy. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/nain\\_saastat\\_energiaa/sahko](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/nain_saastat_energiaa/sahko). Hakupäivä 5.2.2011.

12. Suomen Rakennusmääräyskokoelma D5. 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Helsinki: Ympäristöministeriö.
13. Suikka, Arto 2010. Kivitalon energiatehokkuus. Betoni vol. 80, nro 3. S. 48-53.
14. Kalema, Timo – Pylsy, Petri – Hagengran, Per – Johannesson, Gudni – Airaksinen, Miimu – Dokka, Tor Helge – Öberg, Mats – Pöysti, Mikko – Rapp, Kristian – Keski-Opas, Jarmo 2006. Nordic Thermal Mass - Effect on Energy and Indoor Climate. Tampere: Tampereen Teknillinen yliopisto, Energia- ja prosessitekniikan laitos. Raportti 184.
15. Valli, Matti 2005. Pelkkä energiaremontti kannattaa vain harvoin. Rakennuslehti vol. 39, nro 28. S. 9.
16. Energian hinnat. 2011. Tilastokeskus. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi\\_2011\\_02\\_2011-09-22\\_kuv\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi_2011_02_2011-09-22_kuv_001_fi.html). Hakupäivä 5.10.2011.
17. Energian hinnat. 2011. Tilastokeskus. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi\\_2011\\_02\\_2011-09-22\\_kuv\\_005\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2011/02/ehi_2011_02_2011-09-22_kuv_005_fi.html). Hakupäivä 5.10.2011.
18. Bruno, Erat – Erkkilä, Timo – Nyman, Christer 2008. Aurinko-opas. Aurinkoteknillinen yhdistys ry.

## LIITTEET

- Liite 1. Rakennuksen pohjakuva
- Liite 2. Lämpökuvausraportti
- Liite 3. Rakennuksen energiankulutus RakMK D5 2007 mukaan
- Liite 4. Rakennuksen energiankulutus, Energiajuniori
- Liite 5. Kustannusarviot ulkoseinän lisälämmöneristyksille
- Liite 6. Kustannusarvio yläpohjan lisälämmöneristykselle



Huoneistotala 119 m<sup>2</sup>  
Kokonaistotala 173 m<sup>2</sup>  
Rakennustilavuus 527 m<sup>3</sup>

K.O.SA	KORTTELI/ITALA	TONTTI/RNO	RAKENNUSLUVAN TUNNUS			
Koskela	434	8				
RAKENNUSTOIMENPIDE			PIIRUSTUSLAI	JUOKS.No		
			PÄÄPIIRUSTUS			
RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	MITTAKAAVAT		
Kärpänitie 9			POHJAPIIRUSTUS	1:100		
90440 Kempele			PÄÄRAKENNUS			
Lauri Keränen			SUUN. ALA	TYÖ No	PIIR.No	MUUTOS
			ARK			
			PÄIVÄYS			
			YHT. HENK.			
			Lauri Keränen			

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Lämpökuvauksella** tutkitaan talon ulkovaipan toimivuutta.

Kuvauksella saadaan selville onko lämmöneristeet asennettu oikein tai onko jostain jäänyt eristeet kokonaan pois. Myös kylmäsilta kohdat selviävät. Tällaiset kohdat näkyvät kuvissa kylminä alueina, selvästi erottuen.

**Emissiivisyys** (Emissivity) tarkoittaa pinnan kykyä lähettää lämpösäteilyä.

Lämpökuvauksessa käytetty materiaalien emissiivisyysluku vaihtelee arvon 0–1,0 välillä.. Rakennusmateriaalien emissiivisyysluku on usein 0,85...0.95.

Kuvauksessa käytettiin arvoa 0,93.

**Sp1 Lämpötila** (temperature) on tietyssä pisteessä oleva lämpötila

**Ar1 Max/Min lämpötila** (temperature) on rajatun alueen korkein ja matalin lämpötila.

**Lämpötilaindeksillä** arvioidaan rakennuksen vaipan lämpöteknistä toimivuutta. Indeksiksi lasketaan kaavalla:

$$TI = (T_{SP} - T_o) / (T_i - T_o) * 100 [\%]$$

- TI = lämpötilaindeksi [%]
- TsP = sisäpinnan lämpötila, [°C]
- Ti = sisäilman lämpötila, [°C]
- To = ulkoilman lämpötila, [°C]

Lämpötilaindeksillä on neljä eri luokaa.

1. Korjattava TI < 61 %

Pinnan lämpötila ei täytä Asumisterveysohjeen välttävää tasoa, esim, ilmavuoto tai eristevika.

2. Korjaustarve selitettävä TI 61 – 65 %

Täyttää Asumisterveysohjeen välttävän taso. Korjaustavetta on harkittava

3. Lisätutkimuksia TI > 65 %

Täyttää hyvän tason vaatimukset, mutta saattaa olla kosteus- ja lämpötekniinen riski riippuen tilan käyttötarkoituksesta. Rakenteen kosteustekninen toiminta on tarkistettava tai tehtävä muita lisätutkimuksia.

4. Hyvä TI > 70 %

Ei korjaustoimenpiteitä

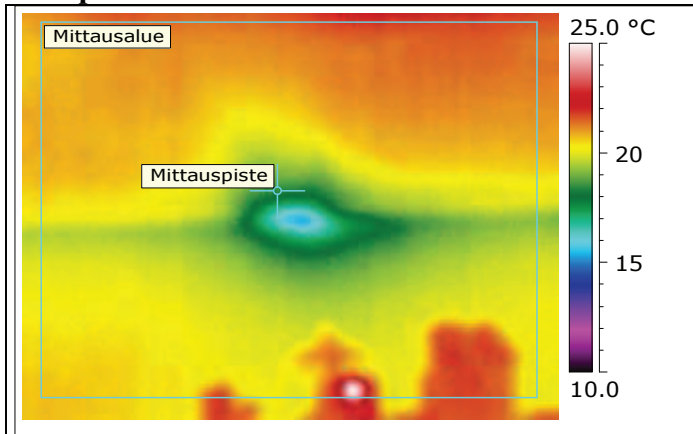


**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Leluhuone**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 1.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>18.3 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>25.2 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>15.5 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.5 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>86</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>94</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

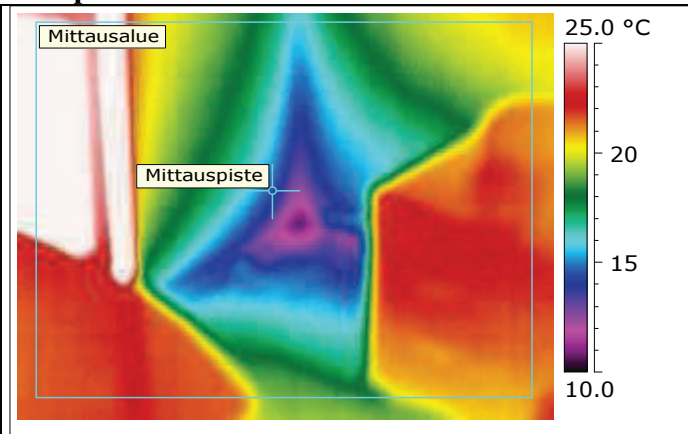
**Kommentit:** Ilmavuotoa yläpohjan ja ulkoseinän liittymässä. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Leluhuone, alanurkka**

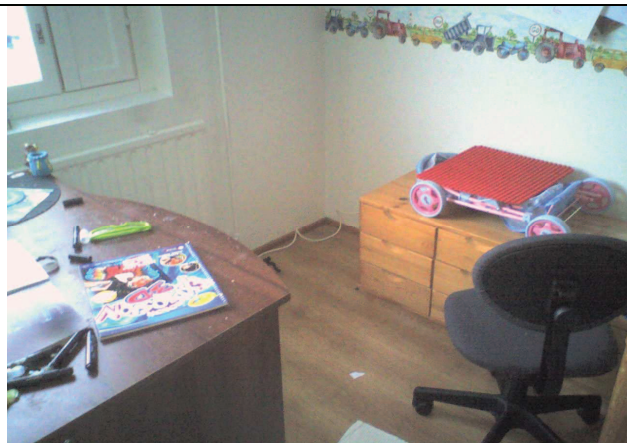
**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 2.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>14.4 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>41.7 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>10.8 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.5 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>73</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>83</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

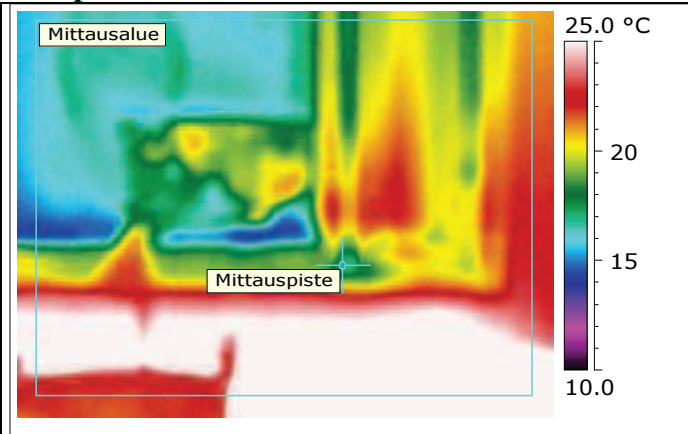
Kommentit: Ilmavuotoa ulkonurkassa. Viereinen ulkonurkka on samankaltainen. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Leluhuone, ikkuna**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 3.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>16.9 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>41.8 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>14.0 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.5 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>82</b>	Kameratyyppe	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>90</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

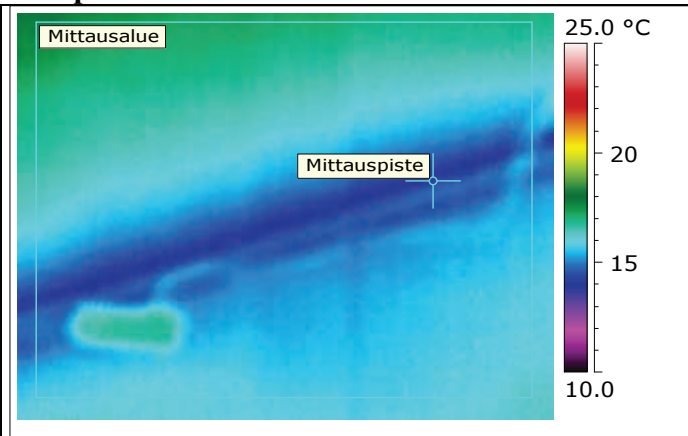
**Kommentit: Leluhuoneen ikkuna on kunnossa. Keittiössä ja lasten huoneessa samanlainen ikkuna.**

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Leluhuone**

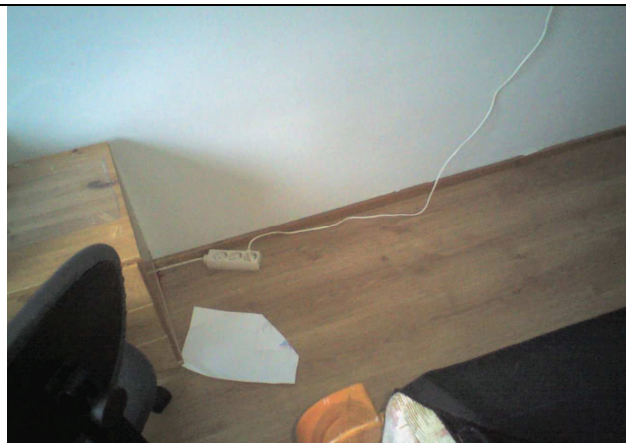
**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 4.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>14.5 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>17.9 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>13.8 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.5 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>81</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>83</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

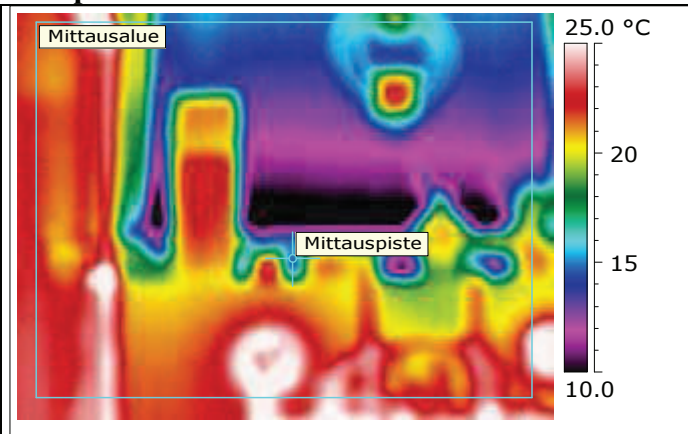
Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

Kommentit: Alapohjan ja seinän liittymässä on mahdollisesti kylmäsilta. Leluhuoneessa tilanne oli samankaltainen koko ulkoseinän osalla. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

<b>Kuvauspaikka:</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
----------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 5.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>14.9 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>28.5 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>8.6 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.5 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>66</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>84</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

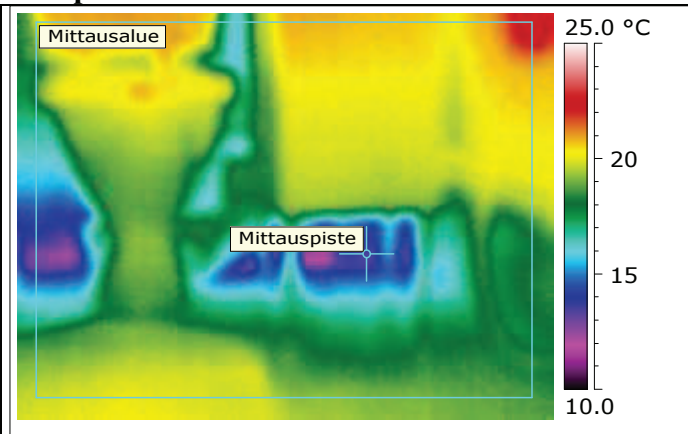
Kommentit: Vanhat 2-kerrosikkunat eristävyydeltään huonot. Ikkunapinnan pintalämpötilassa huomattava ero 3-kerrosikkunoihin nähden. Lisäksi 2-kerrosikkunoiden ja seinärakenteen väli huonosti eristetty. Vanhojen 2-kerrosikkunoiden uusiminen nykyaikaisiin harkittavissa.



**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

<b>Kuvauspaikka:</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
----------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 6.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>13.6 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>22.7 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>11.5 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.5 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>75</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>81</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

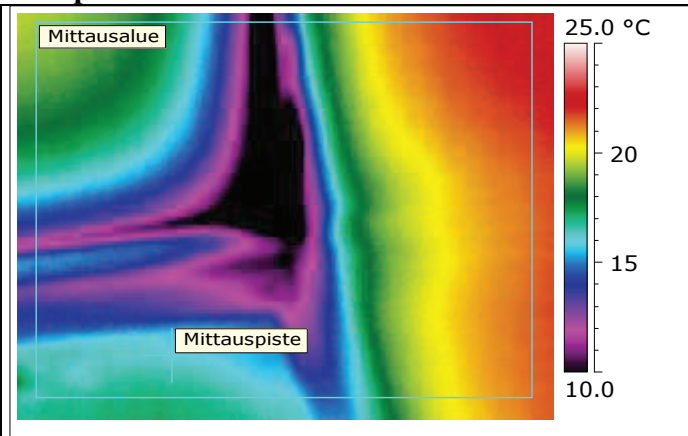
Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

Kommentit: Merkittävä lämpövuoto alapohjan ja seinän liittymässä. Ei vaadi välittömiä korjaustoimenpiteitä.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

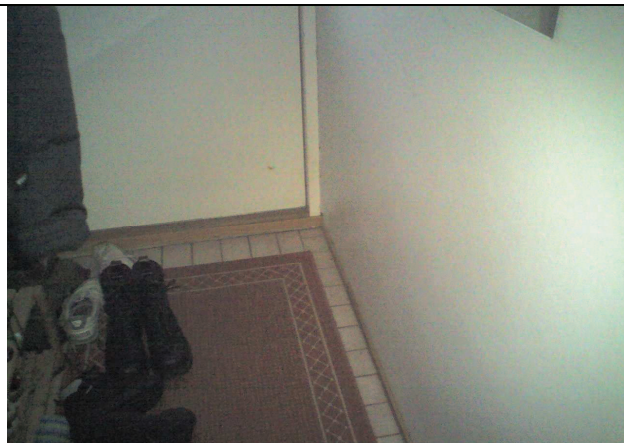
<b>Kuvauspaikka:</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
----------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 7.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>16.1 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>22.6 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>2.2 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>48</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_ Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>88</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

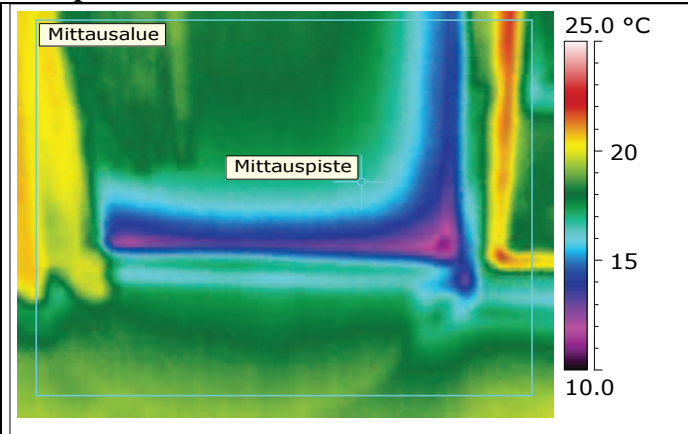
Kommentit: Merkittävä ilmavuoto pääsisäänkäynnin ovesta. Aiheuttaa vedon tunnetta eteisessä. Kannattaa säätää ovi uudelleen ja uusia tiivisteet. Tarkastettava ettei ovilehti ole vääntynyt.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Terrassin ovi**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



**Valokuva**



Nro 8.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>16.5 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>22.0 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>10.9 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>73</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>89</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

Kommentit: Ilmavuotoa oven alareunassa. Kannattaa säätää ovi uudelleen ja uusia tiivisteet. Tarkastettava ettei ovilehti ole vääntynyt.

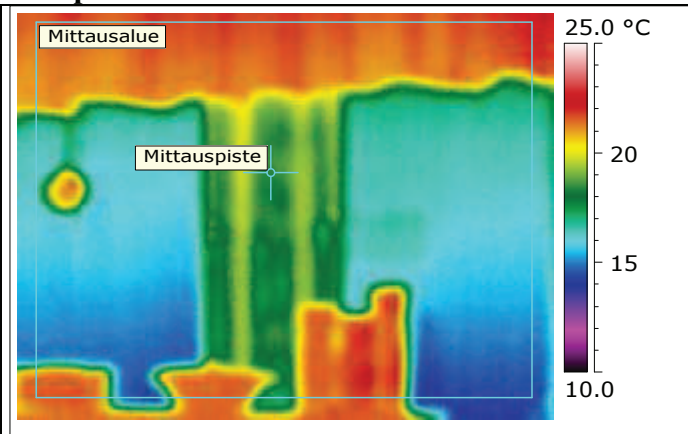


**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Olohuone, ikkunoiden väli**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 9.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>18.5 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>22.3 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>14.0 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>82</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>94</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

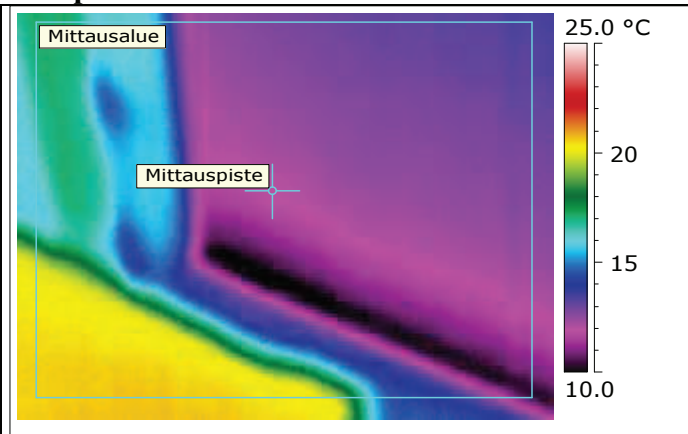
Kommentit: Olohuoneessa korkeiden ikkunoiden väli puurakenteinen. Ikkunoiden välisen rakenteen lämpötilaindeksi täyttää juuri seinärakenteen välttävän tason. Ei välittömiä korjaustoimenpiteitä.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Olohuone, ikkunan alareuna**

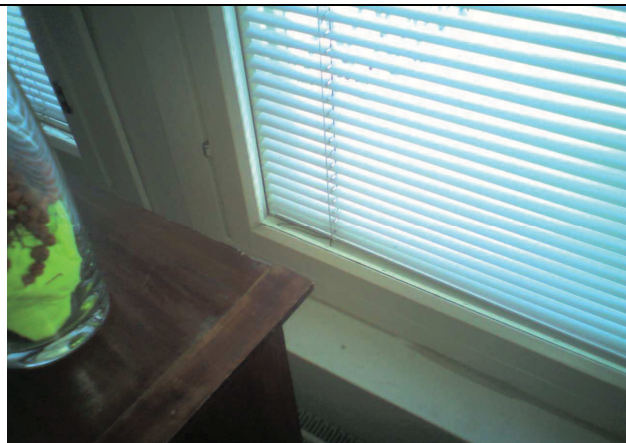
**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 10.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>12.1 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>21.0 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>9.8 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>70</b>	Kameratyyppe	<b>FLIR B400_ Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>76</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

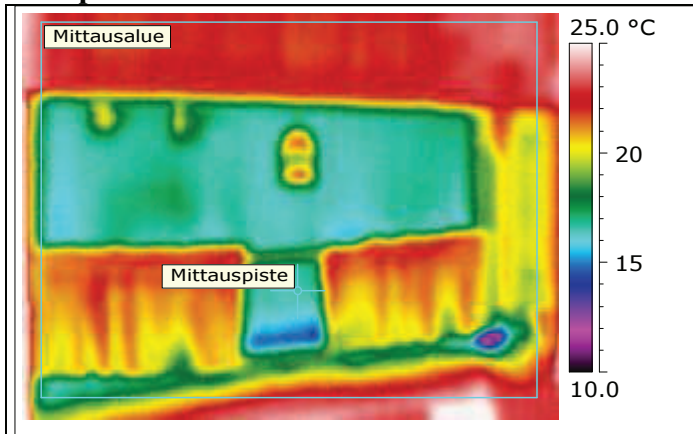
**Kommentit:** Korkeiden ikkunoiden alareunan lämpötila alhaisempi verrattuna keittiön, lastenhuoneen ja leluhuoneen mataliin ikkunoihin.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Keittiö, ikkuna**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 11.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	16.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.93
Mittausalue maks. lämpötila	24.9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.6 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.3 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	72	Kameratyyppi	FLIR B400_Western
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	89	Kameran sarjanumero	402001921

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-15.0

**Sisäilman olosuhteet**

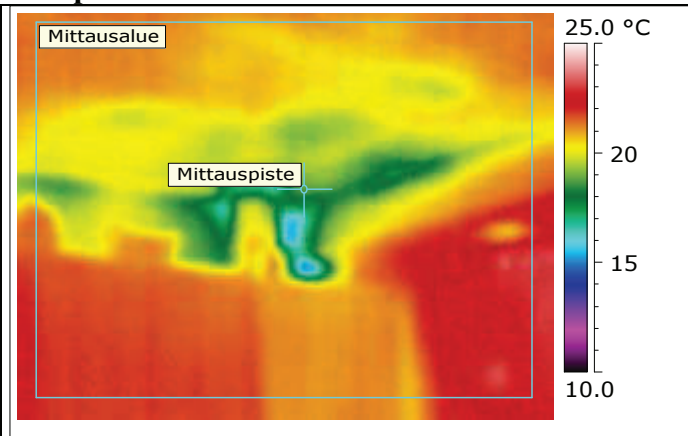
Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-3.6
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	20.5 °C

**Kommentit:** Ei ongelmia. Tuuletusikkunan alanurkan pienen ilmavuodon aiheuttaja lämpömittarin johdon läpivienti.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

<b>Kuvauspaikka: Keittiö</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
------------------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 12.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>18.7 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>23.3 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>15.0 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>85</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>95</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

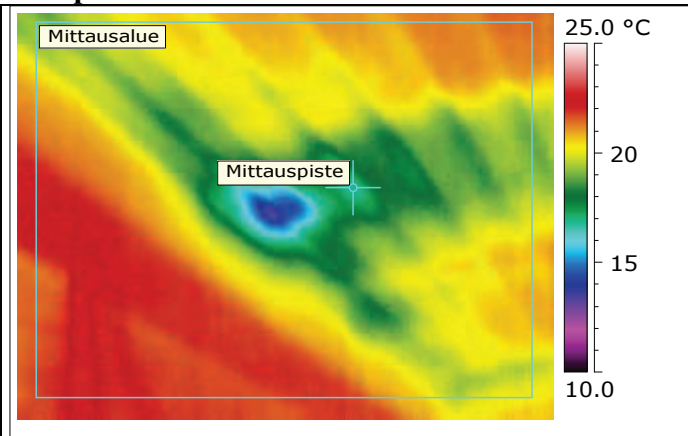
Kommentit: Liesituulettimen hormin ja yläpohjan liitoksessa ilmavuotoa. Myös vieressä olevan palkin liitos seinään vuotaa. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä.



**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

<b>Kuvauspaikka: Keittiö</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
------------------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 13.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>16.8 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>22.9 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>13.5 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>80</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>90</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

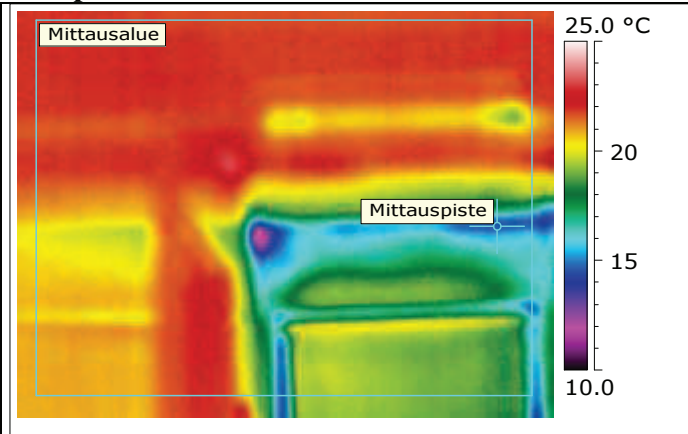
Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

**Kommentit: Ilmavuoto palkin ja yläpohjan liitoksessa. Vuoto vähäinen, ei vaadi korjaustoimenpiteitä.**

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

<b>Kuvauspaikka: Kodinhoitohuone</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
--------------------------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 14.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>14.6 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>23.2 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>11.5 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>75</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_ Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>83</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

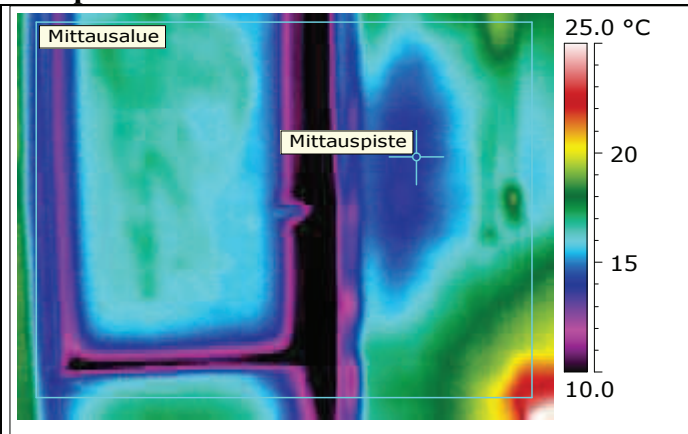
Kommentit: Ilmavuotoa seinän ja yläpohjan liitoksessa oven päällä. Mikäli ovi uusitaan, kannattaa myös seinärakenne oven yläpuolelta avata ja korjata.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Kodinhoitohuone**

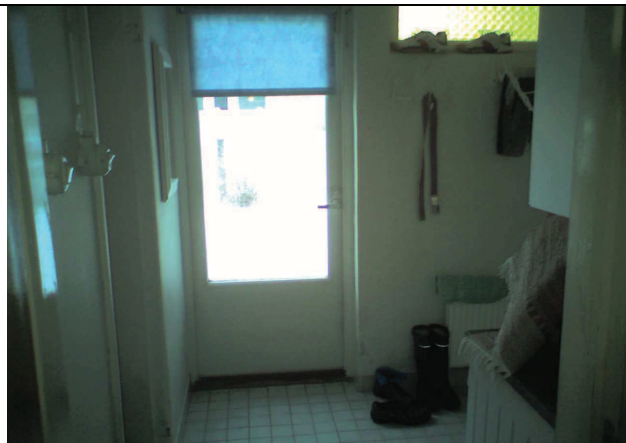
**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 15.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>14.1 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>23.2 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>1.9 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>48</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>82</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

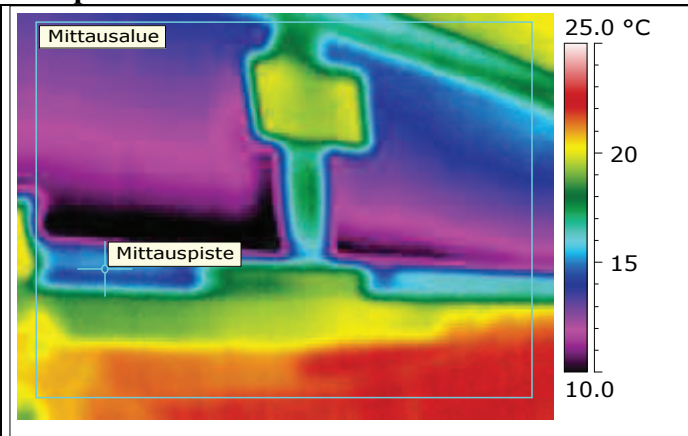
Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

**Kommentit:** Ovilehden ja karmin liitos vuotaa pahasti. Oven uudelleen säätö ja tiivisteiden vaihto pienentää vuotoa. Ovilehden suoruus vääntymien varalta tarkistettava. Myös ovilehden rakenteessa havaittavissa ongelmia: ikkunan ja ovilehden liitokset vuotavat. Oven vaihto harkittavissa.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

<b>Kuvauspaikka:</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
----------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 16.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>14.9 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>22.5 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>8.1 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>2.3 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>65</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>84</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

Kommentit: Vanhat 2-kerrosikkunat eristävyydeltään huonot. Ikkunarakenteiden ja seinän väli huonosti eristetty. 2-kerrosikkunoiden uusiminen nykyaikaisiin harkittavissa.

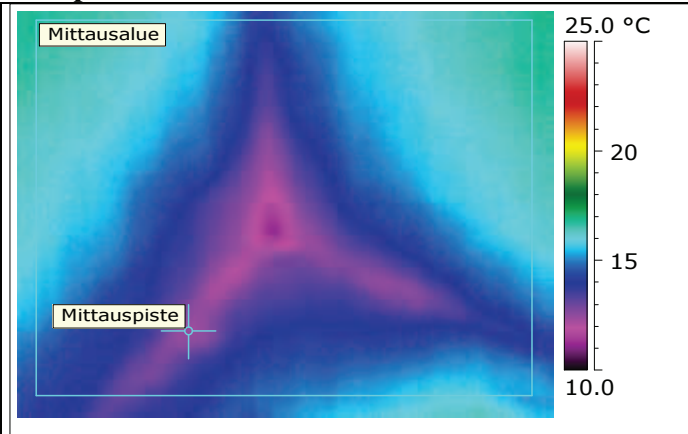


**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Pesuhuone**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



**Valokuva**



Nro 17.

**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>12.5 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>17.0 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>11.2 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>1.4 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>74</b>	Kameratyyppe	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>77</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

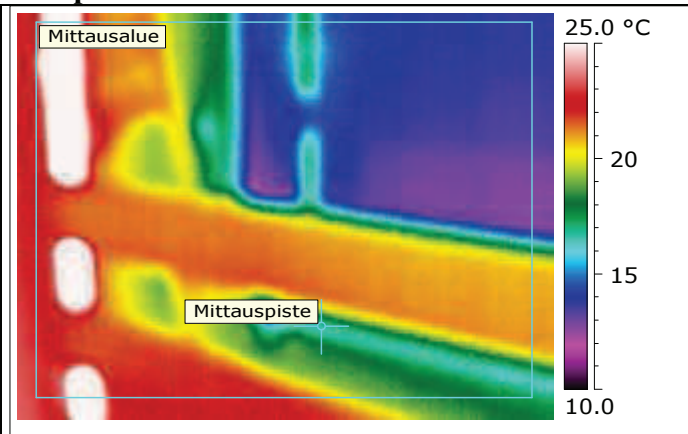
Kommentit: Vuotoa alanurkassa. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Lastenhuone**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 18.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>16.7 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>39.0 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>12.5 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>1.4 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>77</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_ Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>89</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>-3.6</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

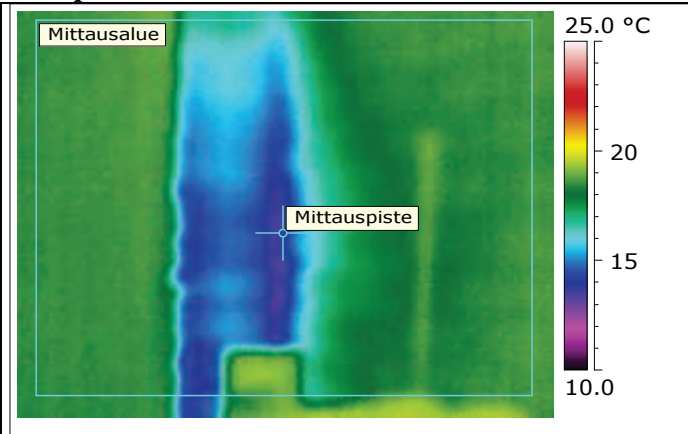
**Kommentit: Ilmavuotoa havaittavissa ikkuna- ja seinärakenteen välissä. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä.**

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Autotalli**

**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 19.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>13.9 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>19.4 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>13.4 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>1.4 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>85</b>	Kameratyyppe	<b>FLIR B400_ Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>86</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>Ei mitattu</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>20.5 °C</b>

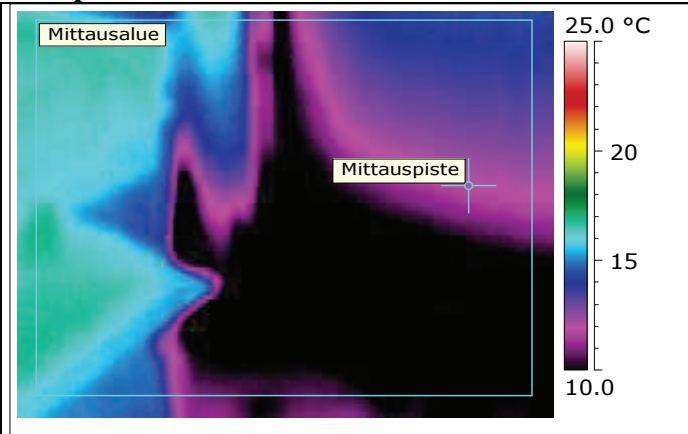
Kommentit: Ulkonurkassa ilmavuotoa. Ei vaadi korjaustoimenpiteitä.

**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

**Kuvauspaikka: Autotalli, ovi**

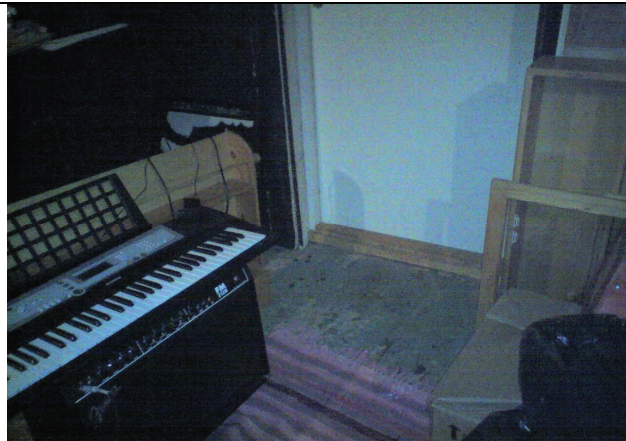
**Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011**

**Lämpökuva**



Nro 20.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	12.0 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.93
Mittausalue maks. lämpötila	17.2 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	3.1 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	1.4 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	54	Kameratyyppi	FLIR B400_Western
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	81	Kameran sarjanumero	402001921

**Ulkoilman olosuhteet**

Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-15.0

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	29.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	Ei mitattu
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	16.5 °C

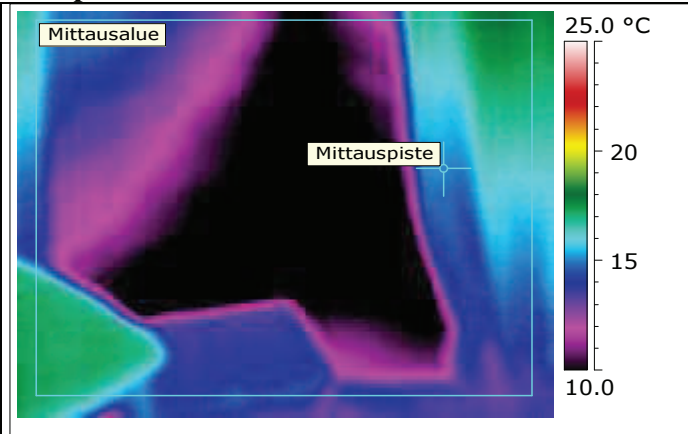
**Kommentit:** Huomattavaa ilmavuotoa oven alareunassa. Kannattaa säätää ovi uudelleen ja uusia tiivisteet. Tarkastettava ettei ovilehti ole vääntynyt. Kynnyksen ja oven liitos tarkistettava.



**Kohdetiedot: Talo Vimpari, Kärpantie 9, 90440 Kempele**

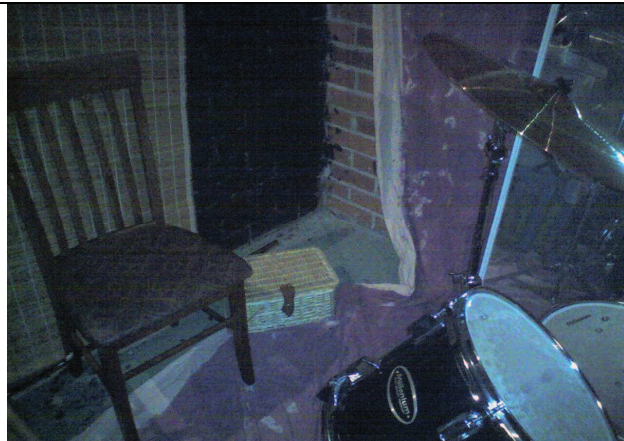
<b>Kuvauspaikka:</b>	<b>Kuvauspäivämäärä: 16.1.2011</b>
----------------------	------------------------------------

**Lämpökuva**



Nro 21.

**Valokuva**



**Mittausparametrit**

Mittauspisteen lämpötila	<b>15.1 °C</b>	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	<b>0.93</b>
Mittausalue maks. lämpötila	<b>18.1 °C</b>	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	<b>24.0 °C</b>
Mittausalue min. lämpötila	<b>5.7 °C</b>	Etäisyys (Lämpökuvasta)	<b>1.4 m</b>
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	<b>62</b>	Kameratyyppi	<b>FLIR B400_Western</b>
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	<b>90</b>	Kameran sarjanumero	<b>402001921</b>

**Ulkoilman olosuhteet**

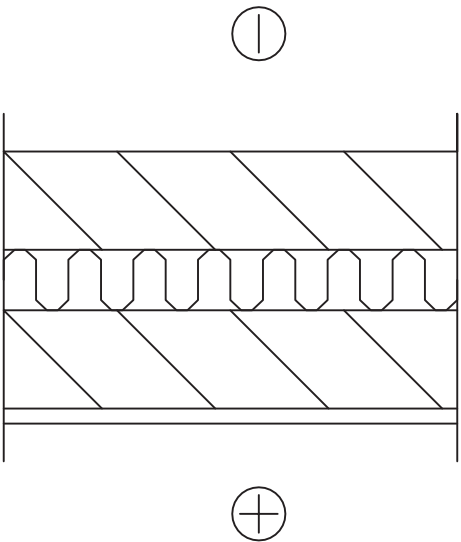
Tuulen nopeus/tuulen suunta	-
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	<b>-15.0</b>

**Sisäilman olosuhteet**

Sisäilman suhteellinen kosteus	<b>29.0 %</b>
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	<b>Ei mitattu</b>
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	<b>16.5 °C</b>

Kommentit: Ilmavuotoa ulkonurkassa. Mahdollisesti kylmäsilta. Täyttää juuri välttävän tason pistemäiselle lämpötilalle lämpötilaindeksin mukaan.

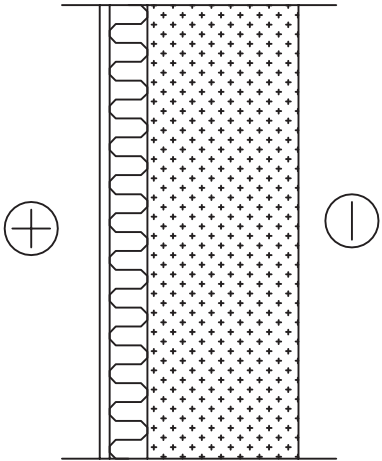
- Seinärakenne +...–
- Pintamateriaali
  - Punatili 130 mm
  - Villa 80 mm
  - Punatili 130 mm



Seinä	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämmönvastus $R=d/\lambda$
Ainekerros	d [m]	$\lambda$ [W / mK]	[Km <sup>2</sup> /W]
Ulkopinta			0,04
Punatili	0,13	0,7	0,19
Villa	0,08	0,05	1,60
Punatili	0,13	0,7	0,19
Tasote	0,01	1,2	0,01
Sisäpinta			0,13
		$R_t =$	2,15
		$U=1/R_t =$	0,47

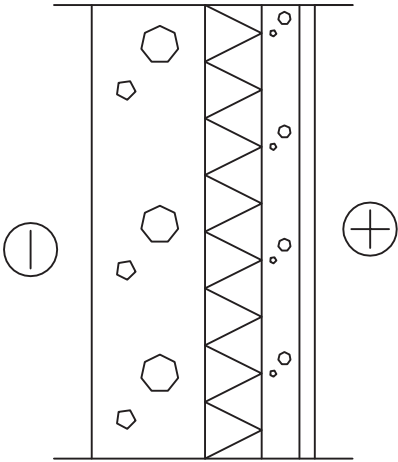
RAKENNELLEIKKAUKSET (1:10) JA U–ARVOT

- Yläpohjarakenne +...–
- Pintamateriaali
  - Ilmansulkupaperi
  - Kattokannattaja 50x100 mm
  - + Villa 50 mm
  - Purueriste 200 mm



Yläpohja	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämmönvastus $R=d/\lambda$
Ainekerros	d [m]	$\lambda$ [W / mK]	[Km <sup>2</sup> /W]
Ulkopinta			0,04
purueriste	0,2	0,12	1,67
Villa	0,05	0,05	1,00
Ilmansulku			0,02
Lewitys	0,013	0,12	0,11
Sisäpinta			0,1
		$R_t =$	2,94
		$U=1/R_t =$	0,34

- Alapohjarakenne +...–
- Pintamateriaali
  - Teräsbetoni laatta 50 mm
  - Kova eriste 75 mm
  - Teräsbetoni laatta 150 mm



Alapohja	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Lämmönvastus $R=d/\lambda$
Ainekerros	d [m]	$\lambda$ [W / mK]	[Km <sup>2</sup> /W]
Ulkopinta			0,04
sorakerros			1,4
Betoni	0,15	1,7	0,09
Styrox	0,075	0,05	1,50
Betoni	0,05	1,7	0,03
Laminaatti	0,01	1,2	0,01
Sisäpinta			0,17
		$R_t =$	3,24
		$U=1/R_t =$	0,31

Kuukausi	sisälämpötila	ulkolämpötila	aika t	A	U	Q <sub>seinä</sub>	
Tammi	21	-10,6	744	90,49	0,47	1000	999,90
Helmi	21	-12,2	672	90,49	0,47	1000	948,87
Maalis	21	-2,58	744	90,49	0,47	1000	746,13
Huhti	21	0,2	720	90,49	0,47	1000	636,93
Touko	21	10,3	744	90,49	0,47	1000	338,58
Kesä	21	14,9	720	90,49	0,47	1000	186,79
Heinä	21	15	744	90,49	0,47	1000	189,86
Elo	21	14,8	744	90,49	0,47	1000	196,18
Syys	21	7,97	720	90,49	0,47	1000	399,00
Loka	21	1,73	744	90,49	0,47	1000	609,75
Marra	21	-0,59	720	90,49	0,47	1000	661,13
Joulu	21	-6,9	744	90,49	0,47	1000	882,83
							6795.95 kWh

Kuukausi	sisälämpötila	ulkolämpötila	aika t	A	U	Q <sub>ovet</sub>	
Tammi	21	-10,6	744	5,79	1,5	1000	204,19
Helmi	21	-12,2	672	5,79	1,5	1000	193,77
Maalis	21	-2,58	744	5,79	1,5	1000	152,37
Huhti	21	0,2	720	5,79	1,5	1000	130,07
Touko	21	10,3	744	5,79	1,5	1000	69,14
Kesä	21	14,9	720	5,79	1,5	1000	38,14
Heinä	21	15	744	5,79	1,5	1000	38,77
Elo	21	14,8	744	5,79	1,5	1000	40,06
Syys	21	7,97	720	5,79	1,5	1000	81,48
Loka	21	1,73	744	5,79	1,5	1000	124,52
Marra	21	-0,59	720	5,79	1,5	1000	135,01
Joulu	21	-6,9	744	5,79	1,5	1000	180,28
							1387,78 kWh

[illegible]

Kuukausi	sisälämpötila	ulkolämpötila	aika t	A	U	Q <sub>yläpohja</sub>	
Tammi	21	-10,6	744	121,8	0,34	1000	973,61
Helmi	21	-12,2	672	121,8	0,34	1000	923,92
Maalis	21	-2,58	744	121,8	0,34	1000	726,51
Huhti	21	0,2	720	121,8	0,34	1000	620,19
Touko	21	10,3	744	121,8	0,34	1000	329,67
Kesä	21	14,9	720	121,8	0,34	1000	181,88
Heinä	21	15	744	121,8	0,34	1000	184,86
Elo	21	14,8	744	121,8	0,34	1000	191,03
Syys	21	7,97	720	121,8	0,34	1000	388,51
Loka	21	1,73	744	121,8	0,34	1000	593,72
Marra	21	-0,59	720	121,8	0,34	1000	643,74
Joulu	21	-6,9	744	121,8	0,34	1000	859,61
							6617,26 kWh



**Asuinrakennus alapohja energian kulutus**

Kuukausi	sisälämpötila	T <sub>maa, vuosi</sub>	ΔT <sub>maa, kuukausi</sub>	T <sub>maa, kuukausi</sub>	aika t	A	U	Q <sub>alapohja</sub>	
Tammi	21	6	0	8	744	121,8	0,31	1000	365,20
Helmi	21	6	-1	5	672	121,8	0,31	1000	405,97
Maalis	21	6	-2	4	744	121,8	0,31	1000	477,56
Huhti	21	6	-3	3	720	121,8	0,31	1000	489,34
Touko	21	6	-3	3	744	121,8	0,31	1000	505,66
Kesä	21	6	-2	4	720	121,8	0,31	1000	462,16
Heinä	21	6	0	6	744	121,8	0,31	1000	421,38
Elo	21	6	1	7	744	121,8	0,31	1000	393,29
Syys	21	6	2	8	720	121,8	0,31	1000	353,41
Loka	21	6	3	9	744	121,8	0,31	1000	337,10
Marra	21	6	3	9	720	121,8	0,31	1000	326,23
Joulu	21	6	2	8	744	121,8	0,31	1000	365,20
									4902.50 kWh

**Asuinrakennus vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia**

Kuukausi	sisälämpötila	ulkolämpötila	aika t	V	n <sub>50</sub>	n <sub>vuotoilma</sub>	q <sub>v, vuotoilma</sub>	H <sub>vuotoilma</sub>	Q <sub>vuotoilma</sub>
Tammi	21	-10,6	744	304,5	3	0,12	0,010	12,18	286,36
Helmi	21	-12,2	672	304,5	3	0,12	0,010	12,18	271,74
Maalis	21	-2,58	744	304,5	3	0,12	0,010	12,18	213,68
Huhti	21	0,2	720	304,5	3	0,12	0,010	12,18	182,41
Touko	21	10,3	744	304,5	3	0,12	0,010	12,18	96,96
Kesä	21	14,9	720	304,5	3	0,12	0,010	12,18	53,49
Heinä	21	15	744	304,5	3	0,12	0,010	12,18	54,37
Elo	21	14,8	744	304,5	3	0,12	0,010	12,18	56,18
Syys	21	7,97	720	304,5	3	0,12	0,010	12,18	114,27
Loka	21	1,73	744	304,5	3	0,12	0,010	12,18	174,62
Marra	21	-0,59	720	304,5	3	0,12	0,010	12,18	189,34
Joulu	21	-6,9	744	304,5	3	0,12	0,010	12,18	252,83
									<b>1946,25 kWh</b>

vuotoilmakerroin 0,12 vastaa n50 lukua 3 1/h (n<sub>vuotoilma</sub>=n50/25)

**Asuinrakennus ilmanvaihdon kautta siirtyvä lämpöenergia**

$Q_{iv}=40 \cdot n \cdot V_r$ , jossa       $Q_{iv}$ =rakennuksen ilmanvaihtoenergia vuositasolla, kWh/vuosi  
n=ilmanvaihtokerroin 1/h  
 $V_r$ =Rakennuksen ilmatilavuus, m<sup>3</sup>

$Q_{iv}= 40 \cdot 0,5 \cdot 302,3 = \mathbf{6046 \text{ kWh}}$

**299,17 kWh**

**566,50 kWh**

[illegible]



[illegible]

Kuukausi	sisälämpötila	T <sub>maa, vuosi</sub>	ΔT <sub>maa, kuukau</sub>	T <sub>maa, kuukausi</sub>	aika t	A	U	Q <sub>alapohja</sub>	
Tammi	10	8	0	8	744	7,2	0,31	1000	3,32
Helmi	10	8	-1	7	672	7,2	0,31	1000	4,50
Maalis	10	8	-2	6	744	7,2	0,31	1000	6,64
Huhti	10	8	-3	5	720	7,2	0,31	1000	8,04
Touko	10	8	-3	5	744	7,2	0,31	1000	8,30
Kesä	10	8	-2	6	720	7,2	0,31	1000	6,43
Heinä	10	8	0	8	744	7,2	0,31	1000	3,32
Elo	10	8	1	9	744	7,2	0,31	1000	1,66
Syys	10	8	2	10	720	7,2	0,31	1000	0,00
Loka	10	8	3	11	744	7,2	0,31	1000	-1,66
Marra	10	8	3	11	720	7,2	0,31	1000	-1,61
Joulu	10	8	2	10	744	7,2	0,31	1000	0,00
									38,94 kWh

[illegible]



**Rakennuksen kokonaiskulutus**

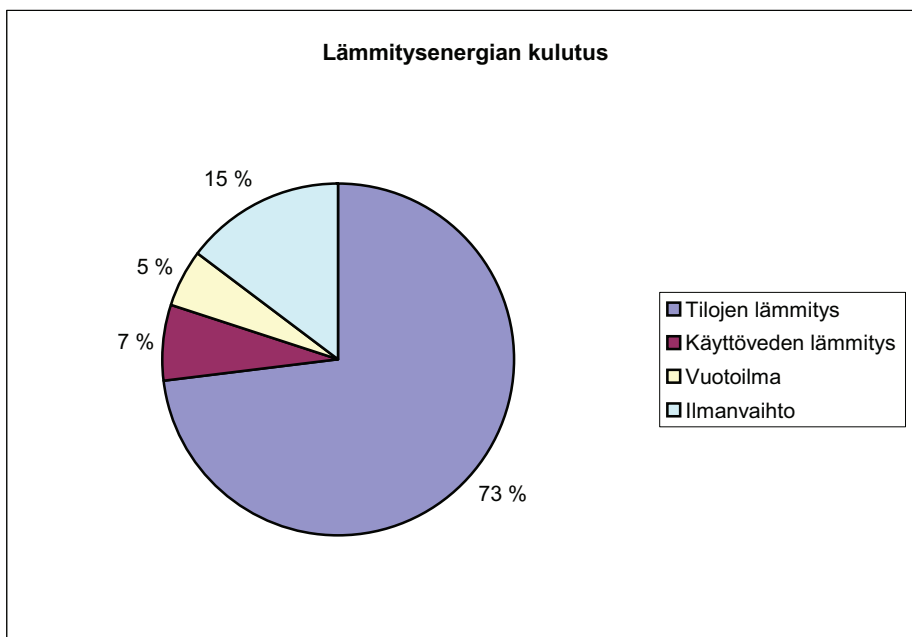
	Asuinrakennus	Autotalli	Pannuhuone	Rakennusosa yht.	prosenttia
Seinät	6795,95	1670,21	0	8466,16	22
Ikkunat	7133,06	0	0	7133,06	19
Ovet	1387,78	299,17	0	1686,95	4
Alapohja	4902,5	566,5	0	5469	14
Yläpohja	6617,26	845,84	0	7463,1	19
Vuotoilma	1946,25	248,78	0	2195,03	6
Ilmanvaihto	6046	0	0	6046	16
	34828,8	3630,5	0	<b>38459,3</b>	<b>100</b>
				<b>KWh/a</b>	

kokonaiskulutus, lämmitysenergia=Vaipan lämmitykseen kuluva energia+vuotoilma  
+käyttöveden lämmitys

kokonaiskulutus= 41434,3 KWh/a

**Lämmitysenergiankulutuksen jakautuminen: %**

Tilojen lämmitys	73
Käyttöveden lämmit	7
Vuotoilma	5
Ilmanvaihto	15
	100,00



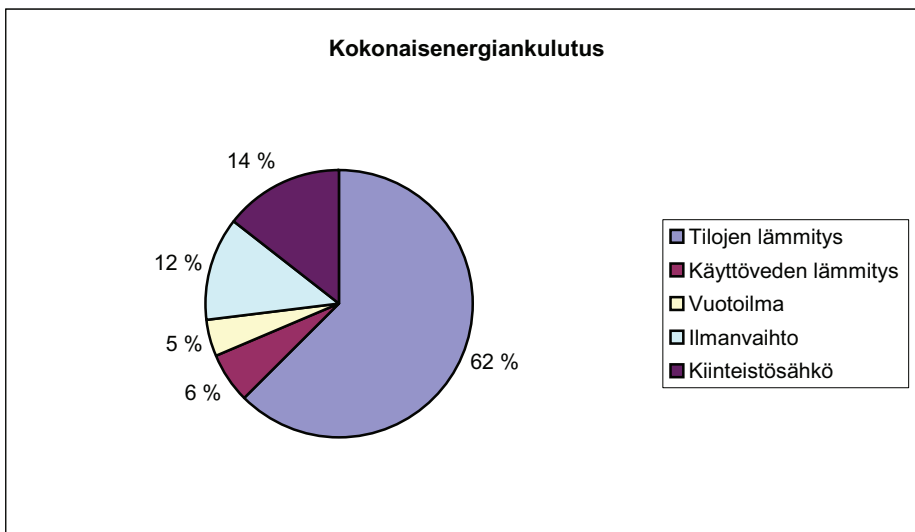
Laskennallinen energiankulutus	41434,3
Todellinen energiankulutus	25500
ero	15934,3 KWh/a

**Lämpökuormat vähentävät lämmitysenergian tarvetta**

Lämpökuorma	15934,3	lähde	
ihmiset	1222	lasku	
lämmin käyttövesi	1050	lasku	
Laitteiden lämpökuorma	3898	lasku	
auriongon säteily	1781	lasku	
varaava leivinuuni	2720	lasku	koivupilke 2 pino-m <sup>3</sup> /vuosi
kivas	4250	lasku	koivupilke 5 pino-m <sup>3</sup> /vuosi
massiivirakenne	0	TUTKIMUS!	
ero: teoreettinen-tod	1013,3	kwh	

**Kokonaisenergiakulutuksen jakautuminen: %**

	kWh	%
Tilojen lämmitys	30218	62 %
Käyttöveden lämmit	2975	6 %
Vuotoilma	2195	5 %
Ilmanvaihto	6046	12 %
Kiinteistösähkö	7000	14 %
	48434,30	100 %



**Energiatehokkuustodistus**[Etusivulle](#)

LIITE 4/1

[Kohdetietoihin](#)

0

Oulu

Rakennustunnus	0				
Rakennusvuosi	2007	Bruttoala	138	Asuntoala	121

Rakennuksen energiatehokkuusluku, kWh/brm<sup>2</sup>

291

kWh /vuosi

kWh /brm<sup>2</sup> vuosi

Lämmitysenergian kokonaiskulutus

32203

234

%

Rakennuksen lämmitysenergian kokonaiskulutus suhteessa vertailutasoon

153 %

kWh /vuosi

kWh /brm<sup>2</sup> vuosi

Ostettavan lämmitysenergian kulutus

37033

269

%

Ostettavan lämmitysenergian kokonaiskulutus suhteessa vertailutasoon

175 %

Lämmitysenergian säästö, % vertailutasosta, (tavoite 35 %)

-53 %

kWh /vuosi

kWh /brm<sup>2</sup> vuosi

Sähköenergian kokonaiskulutus

7855

57

%

Sähköenergian kokonaiskulutus suhteessa vertailutasoon,%

114,0 %

Kokonaisenergiankulutus ( lämpö ja sähkö)

F

Lämmitysenergian kokonaiskulutus

Ei tähtiä

Ostettavan lämmitysenergian kulutus

Ei tähtiä

Sähköenergian kokonaiskulutus

Käyttöveden kokonaiskulutus

**CO<sub>2</sub>- päästöt**

kg/v

Bruttolämmitysenergia

7535

Ostettava lämmitysenergia

8666

Sähköenergia

1736

Tämän energiatehokkuustodistuksen on antanut

TKI Martti Hekkanen

28.11.2007

Todistus on voimassa 25.11.2017 saakka.

Lämmitystehon tarve ( LVI-suunnittelijan ilmoittama), kW

0

Jäähdytyksen tarve

ei ole

Kesäaikainen maksimilämpötila ( LVI-suunnittelijan ilmoitus)

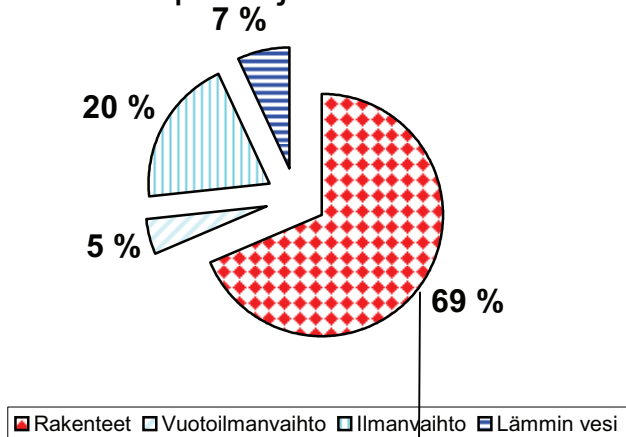
23

## GRAAFIT

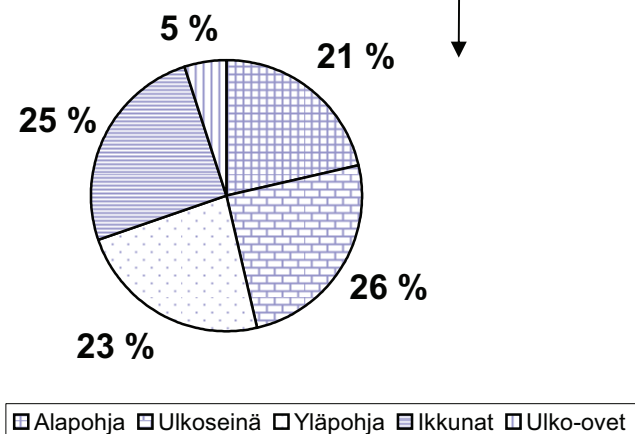
### Lämmöntarpeen jakautuma

	Kohde			
	kWh	%		
Alapohja	5681	21 %	129 %	KULUTUS YLITTÄÄ VERTAILUTASON
Ulkoseinä	6675	25 %	196 %	KULUTUS YLITTÄÄ VERTAILUTASON
Yläpohja	6231	23 %	227 %	KULUTUS YLITTÄÄ VERTAILUTASON
Ikkunat	6760	25 %	154 %	KULUTUS YLITTÄÄ VERTAILUTASON
Ulko-ovet	1319	5 %	107 %	KULUTUS YLITTÄÄ VERTAILUTASON
<b>Yhteensä</b>	<b>26666</b>		<b>165 %</b>	KULUTUS YLITTÄÄ VERTAILUTASON

#### Lämmöntarpeen jakautuma kohteessa



#### Vaipan rakenteiden johtumishäviöt kohteessa



[Palaa kohdetietoihin](#)

**Tarkennettu rakennusosalaskelma**

tekijä: Lauri Keränen

Päiväys: 12.1.2011

Talo 2000-nimikkeistön mukaan lajiteltuna

Rakennuksen laajuus (autotalli mukana)	175,2
Rakennuskustannukset yhteensä (kustannustaso 1/2010, alv 0%)	14041,94
rakennuskustannukset per bruttoneliö	80,14804

KOR/ROK/arvio		materiaali-kustannus		työ-kustannus		lisäkerroin			
Talo 2000	lähde	nimike	yksikköä	yks	€/yks	€/yks	1,3	€/yks	€
124	ROK	eristerappaus, mineraalivilla ja 3-kerrosrappaus	149,5	m2	34,88	45,42	1,3	59,046	14041,94

Jos urakoitijan yleiskuluiksi arvioidaan 8% ja katteeksi 7% on kokonaiskustannusarvio  $1,15 \cdot 14041,94 \text{ €} = 16148,23 \text{ €}$   
 Arvonlisäverollinen hinta on  $1,22 \cdot 16148,23 \text{ €} = 19700,84 \text{ €}$

Arviossa ei mukana:

telinekustannuksia

suojauksia

ikkunoiden ja ovien purku ja uudelleen asentaminen

Kyseisellä ratkaisulla seinän U-arvo paranee 0,47-&gt;0,20

Energiaa säästyy arviolta vuodessa 4050 Kwh

Kattilan hyötysuhde huomioon ottaen öljyä säästyy  $1/0,85 \cdot 476 = 1/a$ 

Öljyn hinnan ollessa n. 1€/l on säästö vuodessa 476€

**Takaisinmaksuaika ulkoseinän lisälämmöneristykselle on 19 700,84 €/476 €/a=41 a**

Energianhinnan mahdollista muutosta ei ole otettu huomioon. Energianhinta vaikuttaa takaisinmaksuaikaan.

**Tarkennettu rakennusosalaskelma**

tekijä: Lauri Keränen

Päiväys: 12.1.2011

Talo 2000-nimikkeistön mukaan lajiteltuna

Rakennuksen laajuus (autotalli mukana)

175,2

Rakennuskustannukset yhteensä (kustannustaso 1/2010, alv 0%)

19547,05

rakennuskustannukset per bruttoneliö

111,5699

KOR/ROK/arvio			materiaali-kustannus		työ-kustannus		lisäkerroin			
Talo 2000	lähde	nimike	yksikköä	yks	€/yks	€/yks	1,3	€/yks	€	alv 0%
124	arvio*	tiilijulkisivun purku	149,5	m2	0	10,64	1,3	13,8255	2066,912	
124	KOR	lämmöneristekerroksen purku	149,5	m2		5,16	1,3	6,708	1002,846	
124	ROK	eristerappaus, mineraalivilla ja kolmikerrosrappaus	149,5	m2	51,17	45,42	1,3	59,046	16477,29	

\*tiilijulkisivun purku, arviohinta **puolet** betonisandwich ulkokuoren purku käsin piikkaamalla (KOR)Jos urakoitijan yleiskuluiksi arvioidaan 8% ja katteeksi 7% on kokonaiskustannusarvio  $1,15 \cdot 19\,547,05 \text{ €} = 22\,479,11 \text{ €}$ Arvonlisäverollinen hinta on  $1,22 \cdot 22\,479,11 \text{ €} = 27\,424,51 \text{ €}$ 

Arviossa ei mukana:

purkujätteen kuljetusta kaatopaikalle

kaatopaikkamaksuja

telinekustannuksia

suojauksia

ikkunoiden ja ovien purku ja uudelleen asentaminen

Kyseisellä ratkaisulla seinän U-arvo paranee 0,47-&gt;0,21

Energiaa säästyy arviolta vuodessa 3900 Kwh

Kattilan hyötysuhde huomioon ottaen öljyä säästyy  $1/0,85 \cdot 390 = 459 \text{ l/a}$ 

Öljyn hinnan ollessa n. 1€/l on säästö vuodessa 459€

**Takaisinmaksuaika ulkoseinän lisälämmöneristykselle on 27 424,51 €/459 €/a=60 a**

Energiahinnan mahdollista muutosta ei ole otettu huomioon. Energiahinta vaikuttaa takaisinmaksuaikaan.

**Tarkennettu rakennusosalaskelma**

tekijä: Lauri Keränen

Päiväys: 12.1.2011

Talo 2000-nimikkeistön mukaan lajiteltuna

Rakennuksen laajuus (autotalli mukana)	175,2
Rakennuskustannukset yhteensä (kustannustaso 1/2010, alv 0%)	12348,7
rakennuskustannukset per bruttoneliö	70,48345

KOR/ROK/arvio				materiaali-kustannus	työ-kustannus	lisäkerroin				
Talo 2000	lähde	nimike	yksikköä	yks	€/yks	€/yks	1,3	€/yks	€	alv 0%
124	arvio	lisäeristys*	149,5	m2	17,6	50	1,3	65	12348,70	

\*SPU Anselmi, eriste polyuretaanilevy 30 mm+kipsilevy 9 mm (hinta jälleenmyyjältä)

Työkustannukset erittäin vaikea arvioida, sisäpuolella niin monta eristystä hidastavaa tekijää mm. patterit ja niiden putkistot sekä ovi- ja ikkuna-aukot

Jos urakoitijan yleiskuluiksi arvioidaan 8% ja katteeksi 7% on kokonaiskustannusarvio  $1,15 \cdot 12348,70 \text{ €} = 14\,201,00 \text{ €}$   
 Arvonlisäverollinen hinta on  $1,22 \cdot 14\,201,00 \text{ €} = 17\,325,22 \text{ €}$

Arviossa ei mukana:

telinekustannuksia

suojuuksia

pattereiden uudelleen asentaminen ja putkien uudelleen veto

Sisäseinien uudelleen pinnoittaminen

Kyseisellä ratkaisulla seinän U-arvo paranee 0,47->0,28

Energiaa säästyy arviolta vuodessa 2845 Kwh

Kattilan hyötysuhde huomioon ottaen öljyä säästyy  $1/0,85 \cdot 285 = 335 \text{ l/a}$

Öljyn hinnan ollessa n. 1€/l on säästö vuodessa 335€

**Takaisinmaksuaika ulkoseinän lisälämmöneristykselle on 17 325,22 €/335 €/a=52 a**

Energianhinnan mahdollista muutosta ei ole otettu huomioon. Energianhinta vaikuttaa takaisinmaksuaikaan.

**Tarkennettu rakennusosalaskelma**

tekijä: Lauri Keränen

Päiväys: 12.1.2011

Talo 2000-nimikkeistön mukaan lajiteltuna

Rakennuksen laajuus (autotalli mukana)

175,2

Rakennuskustannukset yhteensä (kustannustaso 1/2010, alv 0%)

6512,808

rakennuskustannukset per bruttoneliö

37,17356

KOR/ROK/arvio			materiaali- kustannus		työ- kustannus	lisäkerroin 1,3			
Talo 2000	lähde	nimike	yksikköä	yks	€/yks	€/yks	€/yks	€	alv 0%
126	arvio	purun poisto imuautolla	m <sup>2</sup>	175,2	15				2628
126	ROK	lämmöneriste 350mm*	m <sup>2</sup>	55,2	21	4,86	1,5	7,29	1561,608
126	ROK	puhallusvilla 350mm	m <sup>2</sup>	120	19,36				2323,2

\*uloimmalla metrikaistalla levyvilla, keskellä puhallusvilla

Jos urakoitijan yleiskuluiksi arvioidaan 8% ja katteeksi 7% on kokonaiskustannusarvio  $1,15 \cdot 6512,81 \text{ €} = 7489,73 \text{ €}$ Arvonlisäverollinen hinta on  $1,22 \cdot 7489,73 \text{ €} = 9137,47 \text{ €}$ 

Kyseisellä ratkaisulla yläpohjan U-arvo paranee 0,34-&gt;0,1

Energiaa säästyy arviolta vuodessa 4670 Kwh

Kattilan hyötysuhde huomioon ottaen öljyä säästyy  $1/0,85 \cdot 467 = 549 \text{ l/a}$ 

Öljyn hinnan ollessa n. 1€/l on säästö vuodessa 549€

**Takaisinmaksuaika yläpohjan lisälämmöneristykselle on 9137,47€/549€/a=17 :**

Energianhinnan mahdollista muutosta ei ole otettu huomioon. Energianhinta vaikuttaa takaisinmaksuaikaan.